Aarde **Klimaatvraagstukken** SE

de geo

Aardrijkskunde

voor de tweede fase

Leer/opdrachtenboek

vwo



ThiemeMeulenhoff

de geo

Leeropdrachtenboek vwo

Aarde Klimaatvraagstukken

drs. H.M. van den Bunder
drs. J.H.A. Padmos

Eindredactie: B. van Wanrooij

De Geo voor de tweede fase wordt geschreven door een auteursteam:
drs. J.H. Bulthuis, drs. H.M. van den Bunder, drs. G. Gerits, drs. I.G. Hendriks,
drs. J.H.A. Padmos, A.M. Peters en B. van Wanrooij

ThiemeMeulenhoff

Hoe werk je met De Geo?

Dit leeropdrachtenboek behandelt een gedeelte van het domein Aarde, namelijk Klimaatvraagstukken. Samen met het werkboek en het materiaal op www.degeo-online.nl kun je je hiermee goed voorbereiden op dat onderdeel van het schoolexamen aardrijkskunde.

Lees hieronder hoe het leeropdrachtenboek en de site zijn opgebouwd.

Opdrachtengedeelte

Het opdrachtengedeelte is het startpunt van waaruit je werkt. Je treft de volgende onderdelen aan:

I Instaptoets
Je herhaalt wat je al weet over het onderwerp.

II Hoofdstukken met paragrafen
- Hoofdvraag en deelvragen Ieder hoofdstuk heeft een hoofdvraag. In de paragrafen komen de deelvragen aan de orde waarmee je de hoofdvraag kunt beantwoorden.
- Opdrachten In elke paragraaf maak je verschillende soorten opdrachten zoals:
  - kennisvragen → K
  - inzichtvragen → I
  - opdrachten over vaardigheden en werkwijzen → V
  - verdiepingsopdrachten → VERDIEPING
  - atlasopdrachten
- Online-opdrachten Aan het eind van een paragraaf staan ict-opdrachten.
- Afsluiting Een hoofdstuk sluit af met een slotopdracht en een leeroverzicht.
- Extra Een hoofdstuk heeft ook altijd een Extra met extra opdrachten, bijvoorbeeld voor je Praktische opdracht.
- Proeftoets Een hoofdstuk heeft ook altijd een Proeftoets waarmee je oefent voor je toets.

III Proefexamen
Aan het eind van het boek vind je een Proefexamen. Hiermee toets je je kennis en vaardigheden voor de stof van het hele katern. Op het examen gebeurt dat immers ook.

Theoriegedeelte

Het theoriegedeelte heb je nodig om de theorie, de vaardigheden en de werkwijzen na te lezen. Om je te helpen de stof te bestuderen worden de volgende tekens gebruikt:
- ▶ hoofdzaak
- ● onderverdeling van de hoofdzaak, opsomming
- ■ bijzaak

Een overzicht van de vaardigheden en de werkwijzen vind je achter in het boek. De opdrachten leiden je door dit overzicht.

Online

Op www.degeo-online.nl vind je:
- ict-opdrachten en W-nummers;
- films en animaties;
- extra beeld bij begrippen en lastige theorie;
- extra proeftoetsen met feedback en extra oefenmogelijkheden voor je examen;
- begrippenoverzichten per domein en per hoofdstuk;
- het overzicht van vaardigheden en werkwijzen.

Vormgeving
DATBureau, Amsterdam

Bureauredactie
Text & Support, Beusichem

Opmaak
DeltaHage bv, Den Haag

Cartografie
EMK, Deventer

Technisch tekenwerk
Tiekstra Media, Groningen
Zografisch, Groningen

Fotoresearch
Lineair, Arnhem

Over de omslagfoto
Manifestatie over klimaat-verandering op de Schlossplatz in Berlijn.

Over ThiemeMeulenhoff
ThiemeMeulenhoff ontwikkelt zich van educatieve uitgeverij tot een learning design company. We brengen content, leerontwerp en technologie samen. Met onze groeiende expertise, ervaring en leeroplossingen zijn we een partner voor scholen bij het vernieuwen en verbeteren van onderwijs. Zo kunnen we samen beter recht doen aan de verschillen tussen lerenden en scholen en ervoor zorgen dat leren steeds persoonlijker, effectiever en efficiënter wordt.

Samen leren vernieuwen.

www.thiememeulenhoff.nl

ISBN 978 90 06 43646 4
Vierde druk, zesde oplage, 2016

Deze uitgave is volledig CO2-neutraal geproduceerd.
Het voor deze uitgave gebruikte papier is voorzien van het FSC®-keurmerk.
Dit betekent dat de bosbouw op een verantwoorde wijze heeft plaatsgevonden.

Instaptoets

Met deze toets kun je voor jezelf testen of je nog weet wat je moet weten om aan dit domein te kunnen beginnen. De vragen gaan over begrippen en verschijnselen die in de onderbouw aan de orde zijn geweest.

Toets online
Je kunt deze toets ook maken op www.degeo-online. Als je de digitale instaptoets maakt, kun je bij elke vraag de bijbehorende theorie uit de onderbouw oproepen.

Vraag 1
Iemand doet twee uitspraken over weer en klimaat.
- I Binnen de Verenigde Staten komen grote verschillen in klimaat voor.
- II Het klimaat is het gemiddelde weer voor een plek over een bepaalde periode.

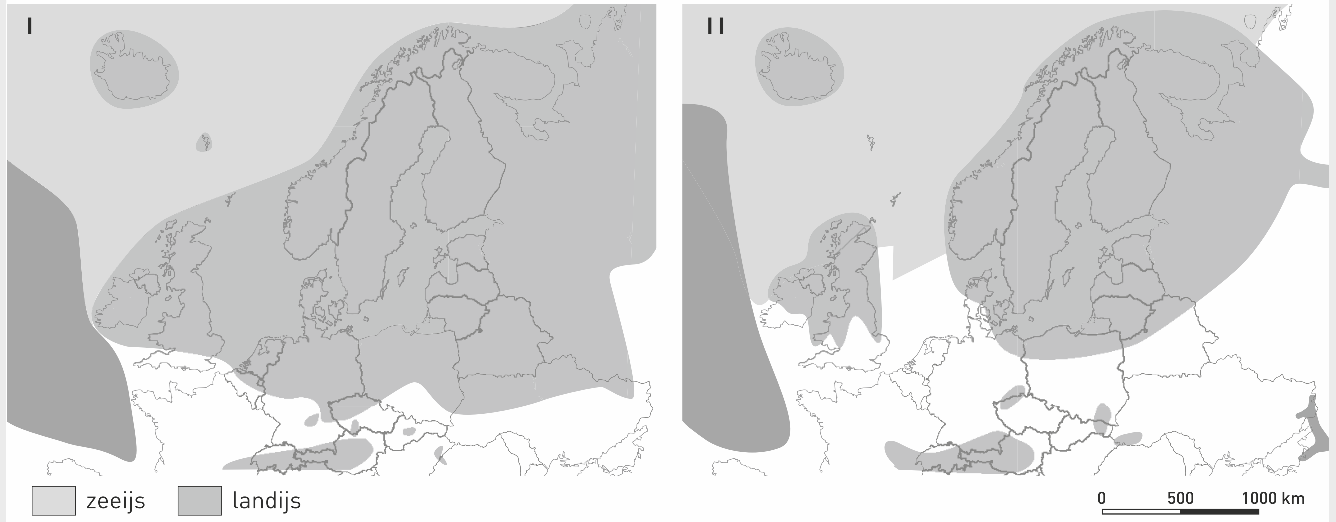
Welk antwoord is goed?
- A I en II zijn beide goed.
- B I en II zijn beide fout.
- C I is goed en II is fout.
- D I is fout en II is goed.

Vraag 2
Welke vier factoren zijn van invloed op de temperatuur?

Vraag 3
- a Welk effect heeft de Golfstroom op het klimaat van West-Europa?
- b Welk effect heeft bewolking op de temperatuur in een winternacht? Leg uit hoe dat kan.

Vraag 4
Welke van de volgende beweringen zijn juist?
- A Door de corioliskracht krijgt de wind op het zuidelijk halfrond een afwijking naar rechts.
- B Rond de evenaar ligt het tropisch minimum.
- C Een moesson is een wind rond de 60° breedte die halfjaarlijks van richting wisselt.
- D Bij een hogeluchtdrukgebied daalt de lucht.

W1



Vraag 5

Vul in het volgende tekstje de juiste termen in bij de cijfers I en II.

In de aardse atmosfeer zit een beetje ...I... . Het gaat slechts om 0,037 à 0,038%, maar dat is wel meer dan wat rond 1900 in de atmosfeer zat (0,028%). Waarschijnlijk houdt deze stijging verband met menselijke activiteiten. Vooral sinds het begin van de industriële revolutie verbrandt de mens steeds meer ...II... (steenkool, aardolie, aardgas). Die bestaan voor een belangrijk deel uit koolstof ('C' in chemisch jargon).

Vraag 6

a Welke vier geologische tijdperken (era's) zijn er?
b Noteer drie geologische perioden.
c In welke geologische periode was de laatste ijstijd?

Vraag 7

Wie of wat is Pangea?

A De grootste vulkaan in Indonesië.
B De naam van de Duitse geoloog die de 'drift der continenten' op het spoor kwam.
C Een supercontinent van ongeveer 225 miljoen jaar geleden.
D De wetenschappelijke naam voor het verdwenen oercontinent Atlantis.

Vraag 8

Bekijk figuur W1.

a Welke kaart, I of II, geeft de situatie van de koudste periode van de Saale-ijstijd weer?
b Waar kwam het landijs in Nederland vandaan?
c Wat zijn de landijsbedekkingen in Frankrijk en Midden-Duitsland?

Welke letter in W2 geeft het juiste antwoord op al deze vragen?

W2 Welke keuzemogelijkheid geeft het juiste antwoord op alle vragen?

	Vraag a	Vraag b	Vraag c
A	kaart II	Scandinavië	gletsjers
B	kaart II	Noordpool	bevroren meren
C	kaart I	Scandinavië	gletsjers
D	kaart I	Noordpool	bevroren meren

Vraag 9

Welke van de onderstaande oorzaken verklaren een zeespiegeldaling?

A Meer sneeuwval en lagere sneeuwgrenzen in berggebieden als gevolg van lagere temperaturen.
B Vergroting van de polen als gevolg van lagere temperaturen.
C Grotere verdamping door verlenging van de waterkringloop.
D Krimp van het watervolume door lagere temperaturen.
E Groter debiet van de rivieren bij lagere temperaturen.

Vraag 10

Kies steeds het juiste woord bij de getallen 1 t/m 7.

De effecten van de klimaatverandering zijn voor de samenleving in elk geval aanzienlijk. Vooral op het gebied van water. De grote rivieren in Nederland krijgen vooral in de (1) zomer / winter meer water te verstouwen. En dat terwijl de zeespiegel stijgt. Het zal meer moeite kosten om het rivierwater de zee in te krijgen. In de zomer is de waterstand op de rivieren daarentegen (2) laag / hoog en dit zal de scheepvaart (3) hinderen / bevorderen.

Er is door de opwarming van het klimaat in Nederland ook (4) minder / meer behoefte aan verwarming van woningen, fabrieken en kantoren. Het aantal zogenoemde graaddagen, een maat voor de behoefte aan verwarming, (5) daalt / stijgt in 2050 met 9 tot 20% ten opzichte van 1990.

In het warmere en CO_2-rijke Nederland zullen de boeren blij zijn dat hun gras snel groeit, maar er is ook treurnis over het gebrek aan water in de zomer en het teveel aan water in de winter waardoor de graslanden drassig zullen worden. In de natuur zal het groeiseizoen 6 tot 19 dagen (6) later / eerder beginnen. In de zomer kan de kans op smog toenemen, en in de winter kan een toenemende westelijke wind de wintersmog wegblazen. De kans op een Elfstedentocht neemt (7) toe / af, aldus het KNMI.

Vraag 11

Welke energiebron hoort niet in het rijtje thuis?

A Biomassa.
B Kernenergie.
C Waterkracht.
D Windenergie.

Vraag 12

Wat is geen vorm van transportbesparing?

A Afval onder hoge druk samenpersen.
B Distributie van kranten.
C E-mail.
D Visverwerking op locatie.

Vraag 13

a Met welk negatief gevolg van klimaatverandering krijgen Bangladesh, de Fiji-eilanden en Nederland te maken?
b Welk land kan hiertegen het beste maatregelen treffen?

Vraag 14

Vanuit welke dimensie kun je het antwoord op vraag 13b het beste verklaren?

A Cultureel.
B Economisch.
C Fysisch.
D Politiek.

Vraag 15

Welke maatregelen zijn onder andere terug te vinden in het Nederlandse klimaatbeleid?

A Het gebruik van biobrandstof.
B Duurzaam energieverbruik.
C Ontruiming.
D Tolheffing.

Vraag 16

Het belangrijkste doel van klimaatconferenties is het bereiken van

A afstemming van beleid.
B emissiereductie van broeikasgassen.
C samenwerking tussen landen.



1 Het klimaatsysteem SE

Strijd tegen de elementen

Steve Fossett was een Amerikaanse miljonair die ervan hield records te breken. In 2002 lukte het hem, na diverse mislukte pogingen, een non-stop soloballonvlucht rond de aarde te maken. Hij deed 13 dagen, 8 uur en 33 minuten over de vlucht van 33.195 kilometer. Fossett werd tijdens zijn vlucht begeleid door een team van meteorologen. Ze hielden de temperatuur, de luchtdruk, de kracht, de snelheid van de wind en de vochtigheidsgraad van de lucht voor hem in de gaten.
En dat was maar goed ook! Tijdens de vlucht doemde er een gebied met veel slecht weer op. Alleen laag boven zee waren er winden die de ballon van het gebied vandaan loodsten. De weerkundigen lieten Steve Fossett een gevaarlijke manoeuvre maken door de ballon te laten dalen van 7.500 meter hoogte naar slechts 250 meter hoogte. Gelukkig bleek het een goede beslissing te zijn en kon de ballonvaart worden voortgezet.
Helaas heeft Steve Fossett niet lang van zijn succes kunnen genieten. In september 2007 verdween hij tijdens een solovlucht met een vliegtuig.

Oriëntatie

Inleiding
Het klimaat komt tot stand door een wisselwerking tussen de atmosfeer, de oceanen en het land. In dit hoofdstuk wordt niet alleen aandacht besteed aan deze drie bestanddelen afzonderlijk, maar er wordt ook gekeken naar de relaties die bestaan tussen de drie componenten. Met de kennis die je verwerft over het heden, kun je in latere hoofdstukken de klimaatveranderingen in het verleden en de toekomst begrijpen.

Hoofdvraag
Wat is de wisselwerking tussen de atmosfeer, de oceanen en het land bij de totstandkoming van klimaten?

Deelvragen
1 Wat is het verschil tussen weer en klimaat?
2 Wat is de samenstelling en de opbouw van de atmosfeer?
3 Waardoor zijn er variaties in de stralingsbalans?
4 Wat is de verklaring voor het globale windsysteem?
5 Waarom zijn er variaties op het globale windsysteem?
6 Wat is de invloed van zeestromen op het klimaat?
7 Wat zijn El Niño en La Niña?
8 Waarom treden er klimaatveranderingen op?

Opdracht 1
Om een eerste indruk te krijgen van dit hoofdstuk, bekijk je in de theoriegedeelten:
- de indeling aan de hand van de paragraaftitels en de tussenkopjes;
- de inleiding van het hoofdstuk;
- de figuren met de bijschriften.

Opdracht 2 Opfrissen K
Uitspraken als de onderstaande komen regelmatig voor in weerberichten. Verdeel ze in drie groepen van weerselementen. Neem het schema van W1 over in je schrift en noteer de nummers van de uitspraken. Schrijf boven elke groep een kop met de verzamelnaam voor de weerselementen.

1 De temperatuur loopt vanmiddag uiteen van 15 graden in het Waddengebied tot 20 graden dieper landinwaarts.
2 Komende nacht is het bewolkt en valt er van tijd tot tijd regen.
3 De zuidoostenwind is meest zwak.
4 Tegen de avond kan er vanuit het zuidwesten wat (buiige) regen vallen.
5 Aan de westkust koelt het dan flink af.
6 In de loop van de middag draait de wind naar een westelijke richting.
7 In de loop van de dag komt van het westen uit de zon weer tevoorschijn.
8 Er is 70% kans op het aanhouden van het droge weertype.
9 De maximumtemperatuur ligt rond de 13 graden.
10 Aan de kust waait een matige, eerst nog vrij krachtige, noordwestelijke wind.

W1 Weerselementen. **Overnemen in je schrift!**

...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...

Opdracht 3 Klimaat op schaal V
Lees achter in dit boek in het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' onder 3 de alinea 'Kaartvaardigheden'.
Neem het schema van W2 over in je schrift en noteer achter elk schaalniveau twee atlaskaarten (nummer en titel) die iets laten zien over het klimaat.

W2 Klimaatkaarten. **Overnemen in je schrift!**

Nationaal:	...
	...
Continentaal:	...
	...
Mondiaal:	...
	...

Opdracht 4 Inpakken I

Lees de tekst in bron W3.

a Welke eigenschap moet de folie hebben om het smelten tegen te gaan?
b Waarom de maatregel juist in Zwitserland is genomen, heeft te maken met de ligging van het gebied. Noteer drie kenmerken van het gebied die met de ligging te maken hebben.
c Zet bij de in vraag b genoemde kenmerken de juiste schaal. Kies uit: lokaal, regionaal, nationaal of continentaal.
d Leg het standpunt van Greenpeace over het inpakken van de gletsjer uit.
e Welke maatregel zal Greenpeace bedoelen om tot een lagere CO_2-uitstoot te komen?
f Beargumenteer of de voorspelling over ons energiegebruik in de toekomst past bij de visie van Greenpeace.

W3 Zwitserse gletsjer ingepakt met speciale folie

In het Zwitserse Andermatt is een gletsjer ingepakt met een speciale folie. Het is een proef om het smelten van de gletsjer af te remmen door die te beschermen tegen de zon. De folie verpakt zo'n 2.500 tot 3.000 m² van de gletsjer. Die ligt op 3.000 m en slonk de laatste vijftien jaar zo'n 20 m.
De gletsjer wordt niet om milieuvriendelijke redenen verpakt: als hij verder zou smelten, is de nabijgelegen skipiste niet meer bereikbaar. Om dat te overbruggen, wordt een gedeelte nu dus ingepakt tot het skiseizoen begint.
Ook in Oostenrijk zijn al gletsjergebieden ingepakt. De afgelopen jaren zijn de gletsjervelden in de Alpen door de opwarming van de aarde heel wat kleiner geworden.
De milieuorganisatie Greenpeace zegt dat het beter zou zijn de CO_2-uitstoot te verminderen dan de gletsjer in te pakken. Andere milieuorganisaties vinden het inpakken van de gletsjer absurd.



1.1 De atmosfeer: een omhulsel van gas

In bijna 14 minuten beneden!

Op 16 augustus 1960 steeg een heliumballon van de Amerikaanse luchtmacht met daarin de testpiloot Joseph Kittinger in anderhalf uur tijd naar grote hoogte in de atmosfeer. Toen deed Kittinger iets opmerkelijks: hij stapte op een hoogte van 31.333 m uit het mandje en begon aan een vrije val. Op 5.500 m opende hij zijn parachute en na 13 minuten en 45 seconden landde hij veilig op aarde. De hoogste snelheid die hij bereikte, was 988 km/uur en onderweg was de laagst gemeten temperatuur -70 °C. Niemand heeft ooit meer een poging gedaan om dit record te breken.

Weer en klimaat

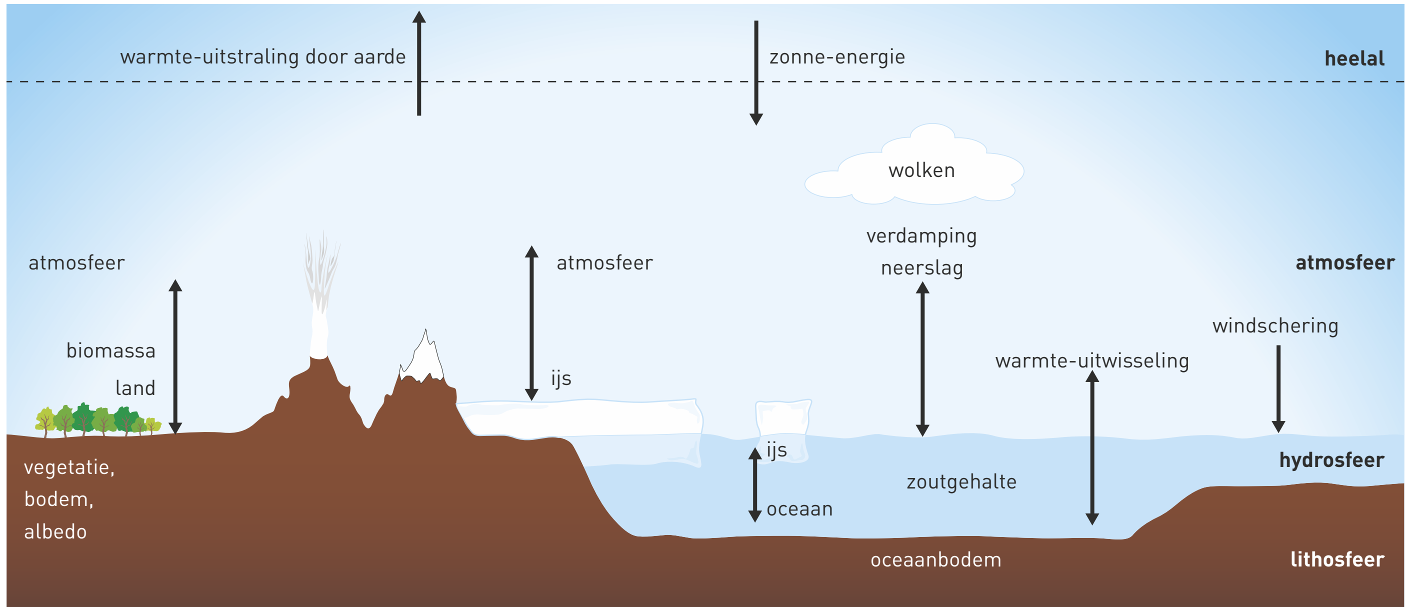
▶ Als je besluit je volgende zomervakantie door te brengen in het Middellandse Zeegebied, doe je dat niet omdat je de avond ervoor hebt gehoord dat het daar mooi weer is. Je weet wellicht uit ervaring dat de kans op neerslag rond de Middellandse Zee 's zomers erg klein is en de kans op veel zon groot. Je neemt je beslissing op basis van wat je weet over het klimaat, de gemiddelde toestand van het weer over een lange periode en voor een groot gebied.

> klimaat

De meteorologen die Steve Fossett begeleidden bij zijn record-poging, hadden niets aan gegevens over het klimaat. Zij moesten snel handelen met de informatie die zij op dat moment hadden over de temperatuur en de luchtdruk. De toestand van de dampkring op een bepaald moment en voor een klein gebied, noem je het weer.

▶ Dit studieboek gaat over het klimaat en dan vooral over de veranderingen van het klimaat in het verleden en in de (nabije) toekomst. Daar is de laatste jaren veel over te doen. De ene wetenschappelijke publicatie na de andere verschijnt en meestal bevatten ze onheilspellende boodschappen. Smelt de komende jaren al het ijs van de Noordpool? Is de mens door de uitstoot van CO_2 de veroorzaker van het versterkte broeikaseffect? Overstroomt de zee Laag-Nederland en komt Amersfoort aan zee te liggen? Zijn er over vijftig jaar geen gletsjers meer in de Himalaya? Breiden de woestijnen in Afrika zich uit? Dit zijn vragen waarop sommige wetenschappers heel stellig een bevestigend antwoord geven, terwijl andere onderzoekers eerder terughoudend zijn. Voor- en tegenstanders zijn het er wel over eens dat het klimaat deel uitmaakt van het ingewikkelde systeem aarde. Dit systeem bestaat uit vier sferen: de atmosfeer waar weer en klimaat zich afspelen, de hydrosfeer, de lithosfeer en de biosfeer.

> weer
> atmosfeer
> hydrosfeer
> biosfeer



Figuur 1.1 Factoren en processen van het klimaatsysteem.

Al die sferen staan met elkaar in verband. Een verandering in de ene sfeer werkt door in een andere. In figuur 1.1 zie je dat schematisch afgebeeld.

Samenstelling en opbouw van de atmosfeer

▶ De atmosfeer werd gevormd toen de aarde na haar ontstaan, 4,6 miljard jaar geleden, begon af te koelen. In de loop van de tijd ontstond een gasvormig omhulsel dat de aarde als een deken bedekt. De zwaartekracht zorgt ervoor dat de gassen niet verdwijnen in de ruimte. Vandaar dat de grootste concentratie van gassen dicht bij de aarde te vinden is. Meer dan 80% van de gassen die de dampkring vormen, tref je aan in de onderste 10 kilometer. Hoe verder je van het aardoppervlak weggaat, hoe lager de concentratie van de bestanddelen wordt.

● De samenstelling van de atmosfeer is uniek en verschilt nogal met die van andere planeten in ons zonnestelsel. Wat vooral opvalt als je de aardse dampkring met die van de dichtstbijzijnde planeten vergelijkt, is de aanwezigheid van stikstof (78,01%), zuurstof (20,95%) en waterdamp en koolstofdioxide die allebei in kleine hoeveelheden voorkomen (figuur 1.2).

	Druk in bar	CO_2 in %	N_2 in %	O_2 in %
Aarde	1	0,03	78	21
Venus	90	97	3,5	0
Mars	0,01	95	2,7	0,1

Figuur 1.2 Samenstelling van de atmosfeer van de aarde, Venus en Mars.

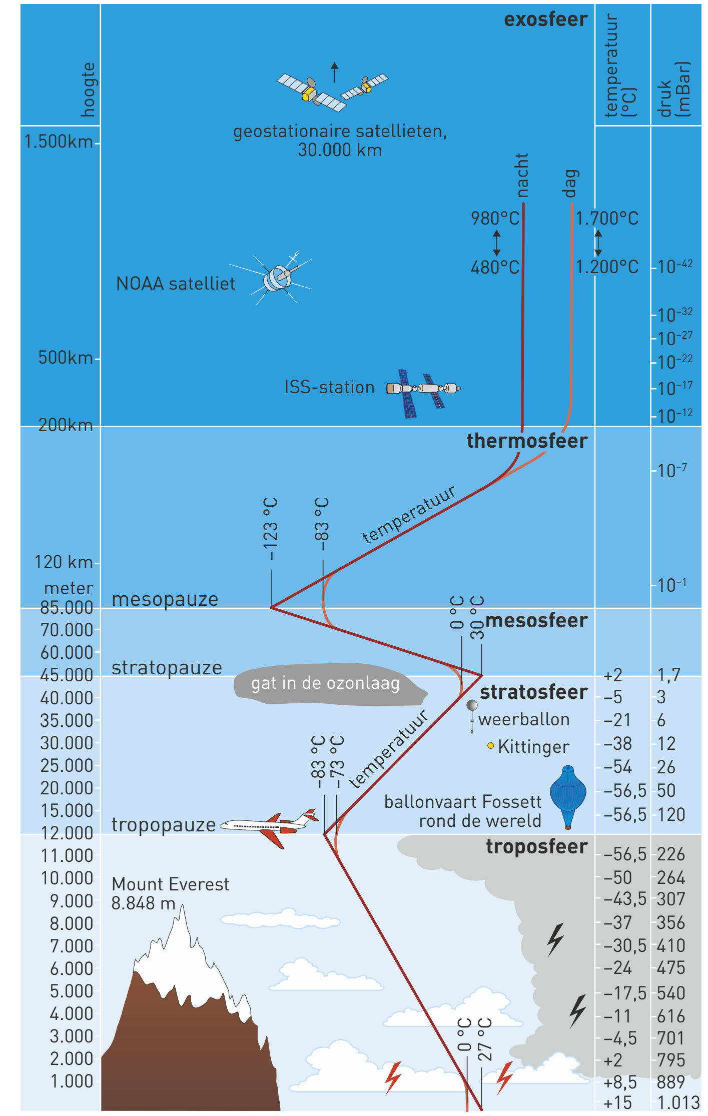
▶ De atmosfeer is opgebouwd uit vier lagen, zoals je ziet in figuur 1.3. De lagen worden van elkaar gescheiden door 'pauzes'. Dit zijn hoogtes waarop de temperatuur toeneemt of juist afneemt.

● De onderste laag heet de troposfeer. Deze laag is bij de polen 9 kilometer dik en bij de evenaar 12 kilometer. Gemakshalve kun je stellen dat met elke 100 meter die je in de troposfeer stijgt, de temperatuur met 0,6 °C daalt. Dit noem je de temperatuurgradiënt. Afwijkingen van de gemiddelde temperatuurgradiënt hangen af van de luchtvochtigheid. Hoe droger de lucht, hoe groter de temperatuurgradiënt. In de troposfeer speelt zich het weer af.

● Vanaf de tropopauze omhoog blijft de temperatuur 10 kilometer vrij constant. Dan wordt het langzamerhand warmer en is het 0 °C in de stratopauze. De laag tussen de tropopauze en de stratopauze heet de stratosfeer. Dit is de laag waar Joseph Kittinger uit zijn ballonmandje sprong. De stratosfeer bevat veel ozongas (O_3). Dit gas filtert de voor de mens schadelijke ultraviolette straling uit het zonlicht. Door de opname van de ozon wordt de stratosfeer warm.

● Ten slotte zijn er nog de mesosfeer en de thermosfeer. De meeste meteorieten die op de aarde afkomen, beginnen in de

> troposfeer
> temperatuurgradiënt
> stratosfeer
> mesosfeer
> thermosfeer



Figuur 1.3 De lagen van de atmosfeer.

mesosfeer te verbranden en zijn op een hoogte van 25 kilometer uiteengevallen. De thermosfeer bevat minder dan 1% van de atmosferische gassen.

Stralingsbalans

▶ De aarde maakt deel uit van het planetenstelsel waarvan de zon het stralende middelpunt is. De zon is niets anders dan een grote gasbol waarop de temperatuur aan het oppervlak kan oplopen tot 6.000 °C. Hoewel de afstand tussen de twee hemellichamen meer dan 150 miljoen kilometer bedraagt en de aarde maar een klein deel van de straling ontvangt, zouden we op aarde grote problemen hebben als we geen zonne-energie meer zouden krijgen. De zon is de belangrijkste energiebron voor het leven op aarde en de motor achter de weersverschijnselen. Aangezien de aarde niet voortdurend warmer of kouder wordt, moet er een evenwicht bestaan tussen de hoeveelheid straling die de aarde bereikt en de hoeveelheid straling die de atmosfeer weer verlaat. Dit heet de energiebalans of stralingsbalans die afgebeeld is in figuur 1.4.

● Van de energie van de zon die de atmosfeer bereikt, wordt 20% door de wolken weerkaatst en 4% door het aardoppervlak. Samen met de 6% die wordt verstrooid door de gasdeeltjes, bedraagt de albedo 30% (figuur 1.4). In de troposfeer wordt nog eens 23% van de energie door de wolken en door waterdamp en andere gassen geabsorbeerd (opgenomen).

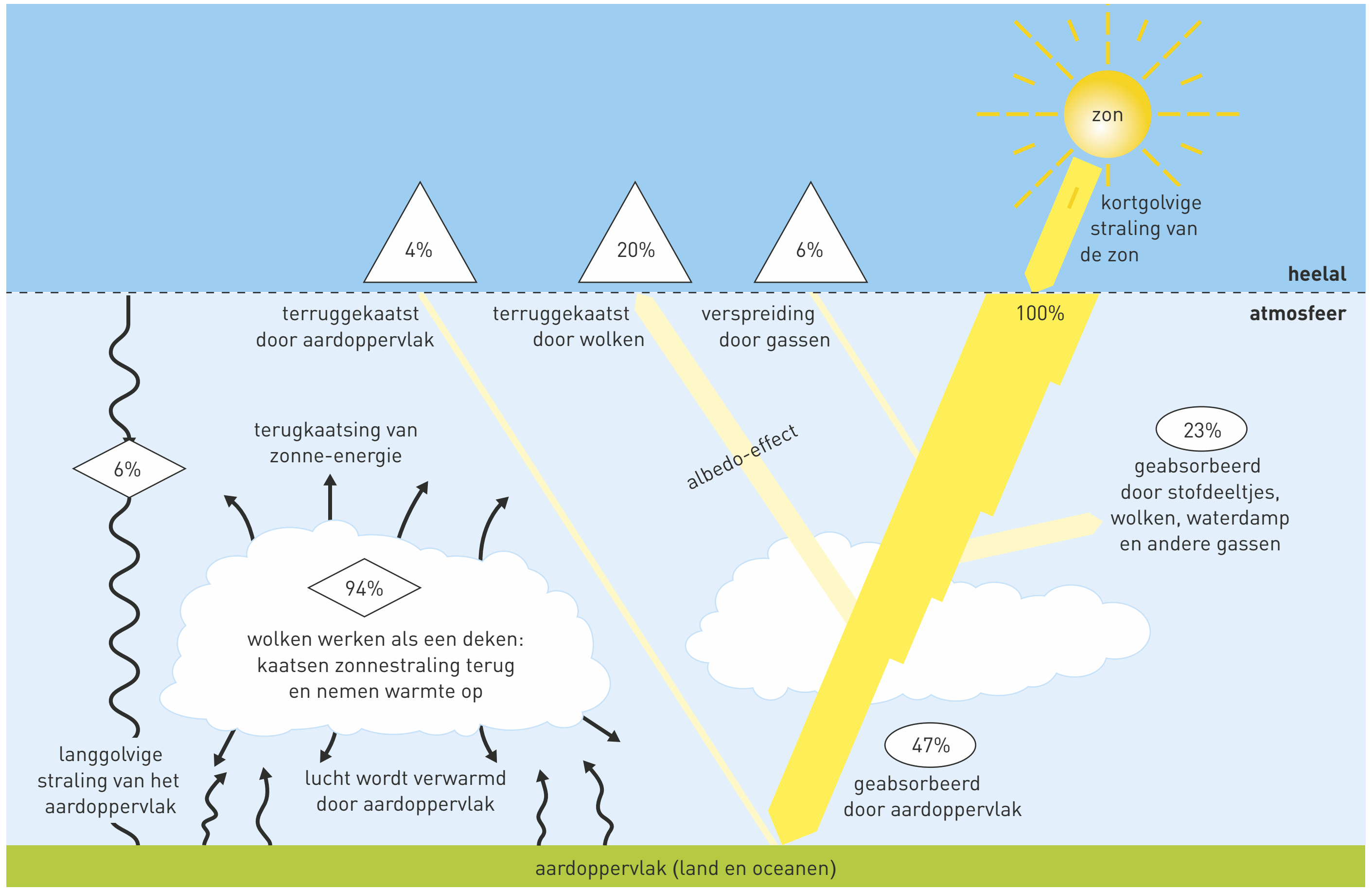
● In totaal bereikt dus 47% van de kortgolvige zonnestraling het aardoppervlak. Dit wordt omgezet in warmte en door de aarde als langgolvige straling teruggekaatst. Dankzij de broeikasgassen zoals waterdamp, CO_2 en de wolken, wordt het meeste van deze warmte weer geabsorbeerd en naar de aarde teruggestraald. Uiteindelijk verdwijnt alle langgolvige straling weer in de ruimte, maar het broeikaseffect vertraagt dit. Je kunt het beschouwen als een grote deken die de aarde bedekt. Zonder het broeikaseffect zou de gemiddelde temperatuur op aarde 33 °C lager liggen.

Variaties in de stralingsbalans

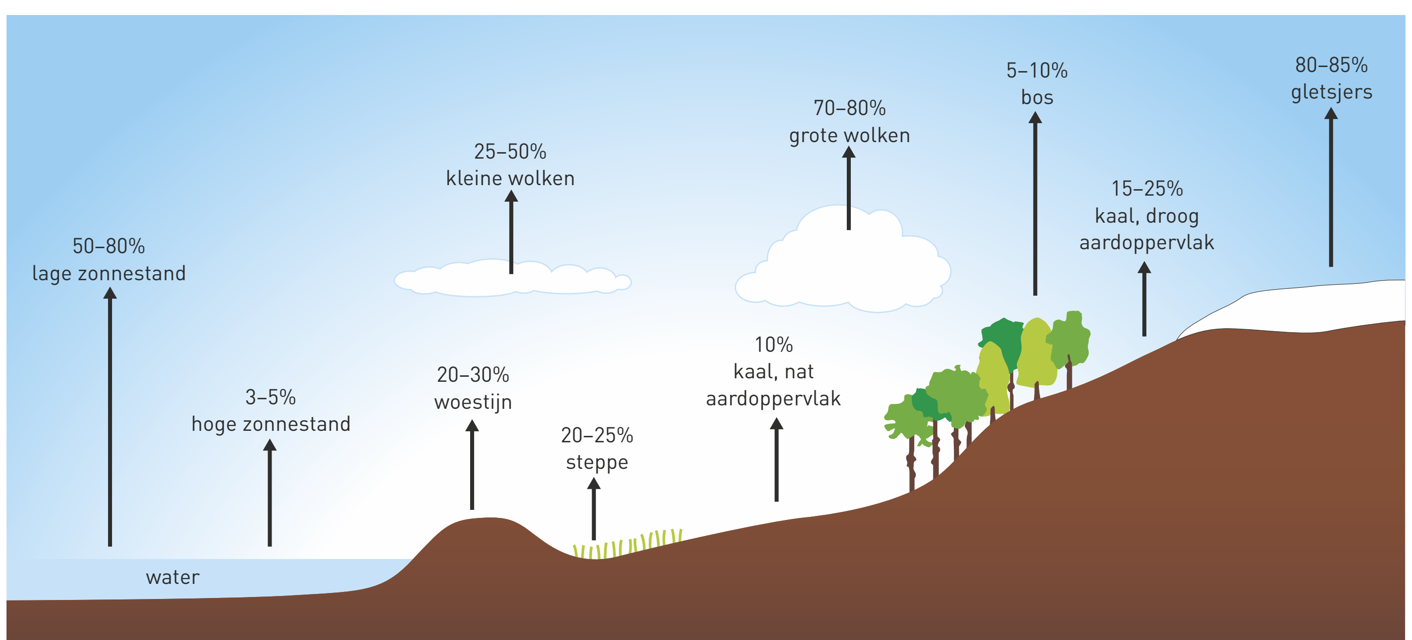
▶ De hoeveelheid straling die een bepaald gebied op aarde ontvangt, is afhankelijk van de breedteligging, de albedo en de gesteldheid van het aardoppervlak.

● Uit figuur 1.6 kun je aflezen dat er tussen ongeveer 35° N.B. en 35° Z.B. een overschot aan energie is. De hoeveelheid energie die via de kortgolvige straling van de zon de atmosfeer binnenkomt, is groter dan de hoeveelheid energie die via langgolvige uitstraling uit de atmosfeer verdwijnt. Op breedten hoger dan 35° is het omgekeerde het geval. De oorzaak is de bolling van de aarde. Dicht bij de evenaar (op lage breedte) vallen de zonnestralen loodrecht in. Hierdoor is de hoeveelheid straling per oppervlakte-eenheid groter dan op hoge breedte. Doordat deze zonnestralen ook een kortere weg door de dampkring afleggen, wordt er minder energie door de lucht opgenomen.

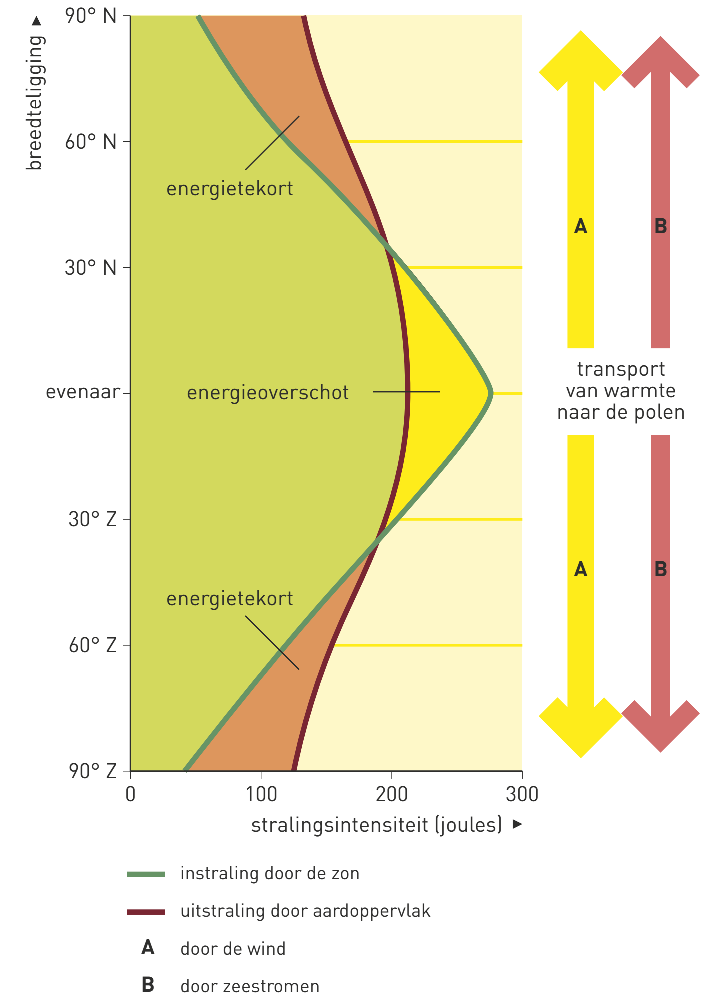
> energiebalans
> stralingsbalans
> albedo
> broeikaseffect



Figuur 1.4 De energie- of stralingsbalans van de aarde.



Figuur 1.5 Het albedo-effect.



Figuur 1.6 Breedteligging, instraling, uitstraling en transport.

- De weerkaatsing van het zonlicht, de albedo, verschilt van gebied tot gebied. Een besneeuwd gebied in de poolstreek reflecteert meer zonnestraling dan een bos. Het bos neemt daardoor meer energie op en verwarmt de lucht erboven meer dan de lucht boven het ijsoppervlak (figuur 1.5).
- Ten slotte speelt het verschil tussen land en zee een rol. Water wordt langzamer warm en koud dan land. Dit heeft vier oorzaken:
  - Het zonlicht kan dieper in het water doordringen dan in het land. Dezelfde hoeveelheid energie moet dus over een grotere oppervlakte water worden verdeeld.
  - Doordat water in beweging is, wordt de warmte beter verdeeld dan op het land.
  - Het kost meer energie om water een graad in temperatuur te laten stijgen dan land.
  - Bij verdamping van water gaat energie uit het water naar de dampkring. Boven land is de verdamping natuurlijk veel lager.

Opdrachten 1.1

Deelvragen
1 Wat is het verschil tussen weer en klimaat?
2 Wat is de samenstelling en de opbouw van de atmosfeer?
3 Waarom zijn er variaties in de stralingsbalans?

Opdracht 5
Bestudeer nauwgezet de tekst van paragraaf 1.1. Bekijk ook goed de figuren. Vraag je telkens af of je begrijpt wat je leest en ziet.

Opdracht 6 Verschillen K/I
a Noteer twee verschillen tussen weer en klimaat.
b Noem twee gebruikers voor wie de weersverwachting op lange termijn belangrijk is.
c Noem twee gebruikers voor wie de weersverwachting op korte termijn belangrijk is.

Opdracht 7 Wisselwerkingen K/I
Bekijk figuur 1.1.
a Hoe heet het waterhoudende deel van de aarde aan het aardoppervlak en vlak eronder?
b Wat is de biosfeer?
c Wat is de lithosfeer?
d Geef een voorbeeld van een wisselwerking tussen de hydrosfeer en de atmosfeer.
e Geef een voorbeeld van een wisselwerking tussen de lithosfeer en de atmosfeer.
f Geef een voorbeeld van een wisselwerking tussen de biosfeer en de atmosfeer.

Opdracht 8 Gassen en sferen K/I
Bekijk figuur 1.2 en 1.3.
a Wat zijn de belangrijkste gassen in de aardse atmosfeer?
b Waarom is er op Mars en Venus zonder hulpmiddelen geen menselijk leven mogelijk?
c Hoe heet de luchtlaag die op de troposfeer volgt?
d Noteer drie verschillen tussen de troposfeer en de stratosfeer.

Opdracht 9 Ozonlaag K/I
Bekijk nogmaals figuur 1.3 en pak ook kaart 218E in de atlas erbij.
a Waar in de atmosfeer bevindt zich de ozonlaag?
b Waarom kunnen we niet zonder ozonlaag?
c Waarom is het gat in de ozonlaag juist bij de Zuidpool ontstaan?

Opdracht 10 Temperatuurgradiënt K/I
a Waarom neemt de temperatuur van de lucht in de troposfeer af naarmate de hoogte toeneemt?
b Hoeveel bedraagt de gemiddelde verticale temperatuurgradiënt van de lucht?
c Waarom is de temperatuurgradiënt lager als de luchtvochtigheid groter is?

Opdracht 11 Energiebalans K/I
Bekijk figuur 1.4.
a Wat versta je onder de energiebalans van de aarde?
b Hoe noem je met één woord alle kortgolvige zonne-energie die de dampkring binnenkomt?
c Neem tabel W4 over en vul achter de omschrijving de bijbehorende getallen uit figuur 1.4 in.
d Welk effect wordt veroorzaakt door uitgaande straling die niet rechtstreeks de dampkring verlaat?

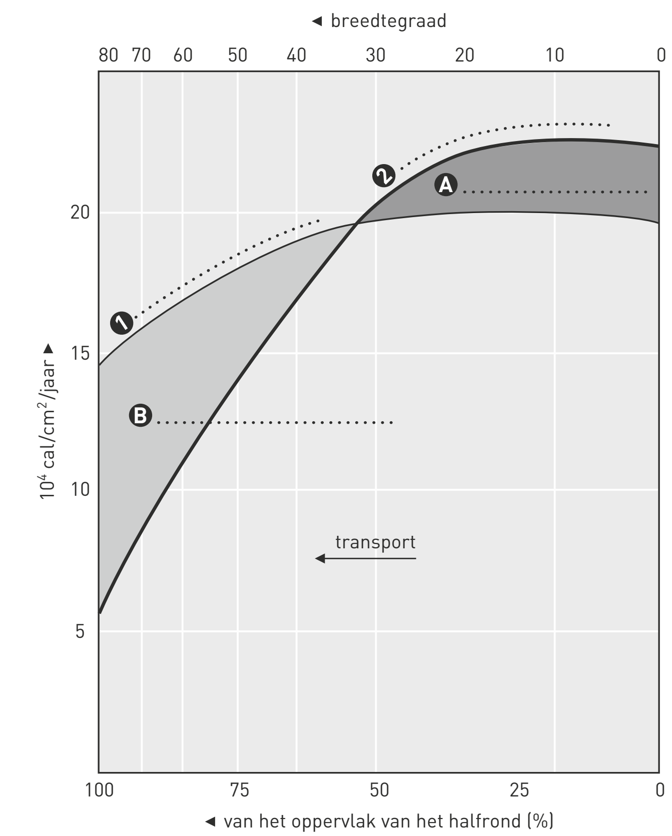
W4 Inkomende en uitgaande straling.	%
Hoeveelheid inkomende straling die wordt teruggekaatst of verspreid	...
Hoeveelheid inkomende straling die in de atmosfeer wordt geabsorbeerd	...
Hoeveelheid inkomende straling die wordt geabsorbeerd door de aarde	...
Totaal	...
Uitgaande straling die direct in heelal verdwijnt	...
Uitgaande straling die indirect in heelal verdwijnt	...
Totaal	...

Opdracht 12 Warmte K/I
Bekijk nogmaals figuur 1.4 en ook figuur 1.5.
a Bedenk een ware bewering waarin je een verband legt tussen de breedteligging en de hoeveelheid ontvangen zonne-energie.
b Noteer nog drie factoren die bepalend zijn voor de hoeveelheid warmte die het aardoppervlak opneemt.
c Waarom is in de winter de kans op nachtvorst bij een wolkenloze, droge nacht groot?

Opdracht 13 Albedo K/I
a Wat wordt bedoeld met de albedo?
b Waarom is de albedo van de Zuidpool groter dan dat van de toendra's in Rusland?
Gebruik in je antwoord een algemene regel en een situatiebeschrijving.
c Waarom is de albedo van de aarde in een glaciaal groter dan in een interglaciaal?

Opdracht 14 Transport K/I
Bekijk figuur 1.6 en gebruik W5. Schrijf onder elkaar in je schrift de cijfers 1 en 2 en de letters A en B.
a Noteer achter de cijfers 1 en 2 het woord uitstraling of instraling.
b Noteer achter de letters A en B het woord tekort of overschot.
c Wat is de belangrijkste transporteur van warmte van lage naar hoge breedte?

W5 De verdeling van de in- en uitstraling over een halfrond.



Opdracht 15 Terugblik op paragraaf 1.1
Geef in telegramstijl antwoord op de deelvragen van deze paragraaf.

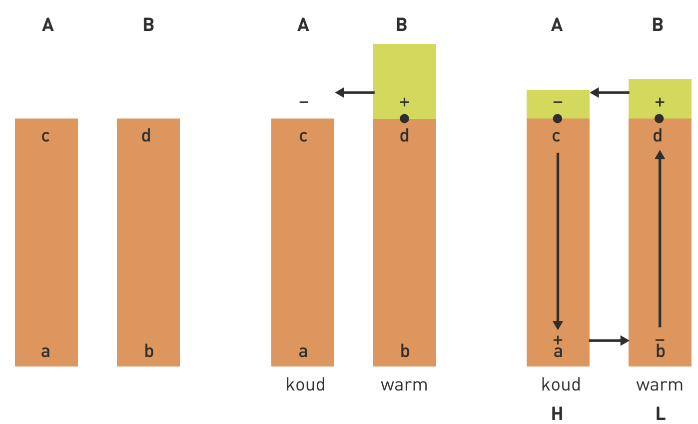
Online extra
Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.



1.2 Warmtetransport door de wind

Regenschade

Moessonregens in Karachi (Pakistan) veroorzaakten neerkomende daken en muren, en zorgden ook voor verkeersongevallen. Verscheidene mensen stierven door verdrinking en elektrocutie. Veel straten kwamen tot kniehoogte onder water te staan en het weg-, trein- en luchtverkeer werd zwaar verstoord, zo meldde televisiezender Geo News in juli 2008. Het regenseizoen duurt in Zuid-Azië van juni tot eind september. Elk jaar eisen de hevige regens talloze slachtoffers en richten ze, vooral in landelijke gebieden, zware schade aan.



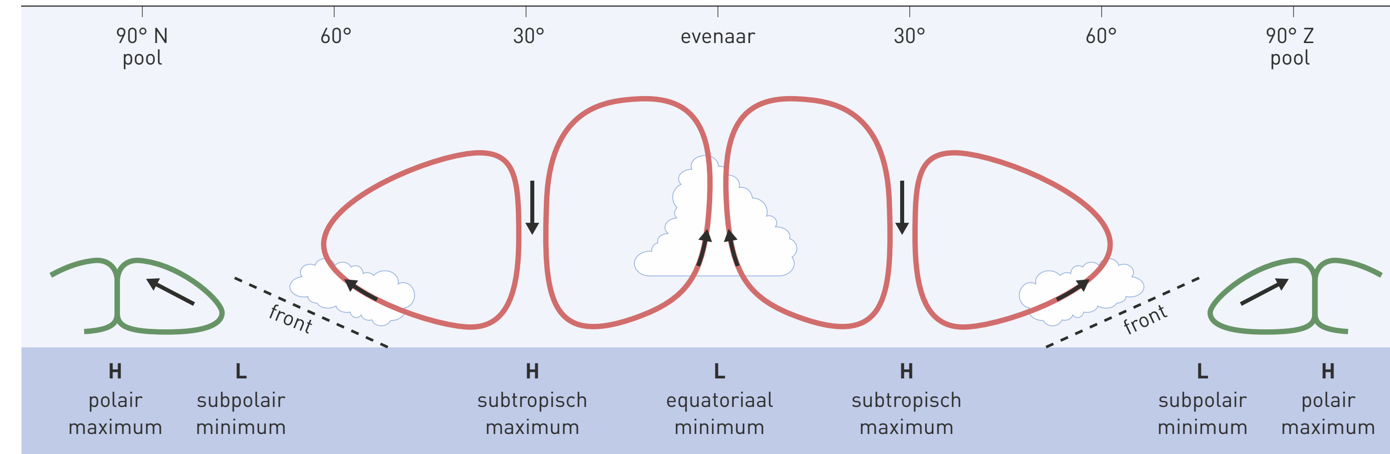
Figuur 1.7 Het ontstaan van hoge en lage luchtdruk.

Luchtdrukverschillen

▶ In figuur 1.6 zag je dat de hoeveelheid zonne-energie niet gelijk is verdeeld over de aarde. Het lijkt alsof het gebied tussen 35° N.B. en 35° Z.B. steeds warmer wordt en alsof de gebieden op hogere breedte steeds kouder worden. Dat dit niet zo is, komt doordat er transport van warmte plaatsvindt van de evenaar naar de polen. Voor dat transport zijn lucht en water verantwoordelijk.

■ Wind is niets anders dan stromende lucht van plaatsen waar er te veel van is naar plaatsten waar er te weinig van is. De Engelsman George Hadley had al aan het begin van de achttiende eeuw een visie op de luchtcirculatie. Volgens hem zette de lucht in de tropen door verwarming uit (figuur 1.7). Daardoor daalt de soortelijke massa en stijgt de lucht. Op grote hoogte krijg je dan een gebied met een overschot aan lucht (de warme kolom). Als die zich naast een gebied met (verhoudingsgewijs) een tekort aan lucht (de koude kolom) bevindt, stroomt er lucht van het gebied met een overschot naar het gebied met een tekort. In de koude kolom is de soortelijke massa van de lucht door het krimpen toegenomen en daalt de lucht. Als gevolg hiervan neemt het gewicht van de koude kolom lucht, de luchtdruk aan het aardoppervlak toe en neemt de luchtdruk van de warme kolom af. Er ontstaat aan het aardoppervlak een gebied met een overschot aan lucht, een hogedrukgebied en een gebied met een tekort aan lucht, een lagedrukgebied. Daardoor stroomt er lucht van het hogedrukgebied naar het lagedrukgebied. In de praktijk betekent dit dat er aan het aardoppervlak een wind waait van de polen naar de evenaar.

> luchtdruk
> hogedrukgebied
> lagedrukgebied



Figuur 1.8 Ligging van hoge- en lageluchtdrukgebieden.

Het corioliseffect

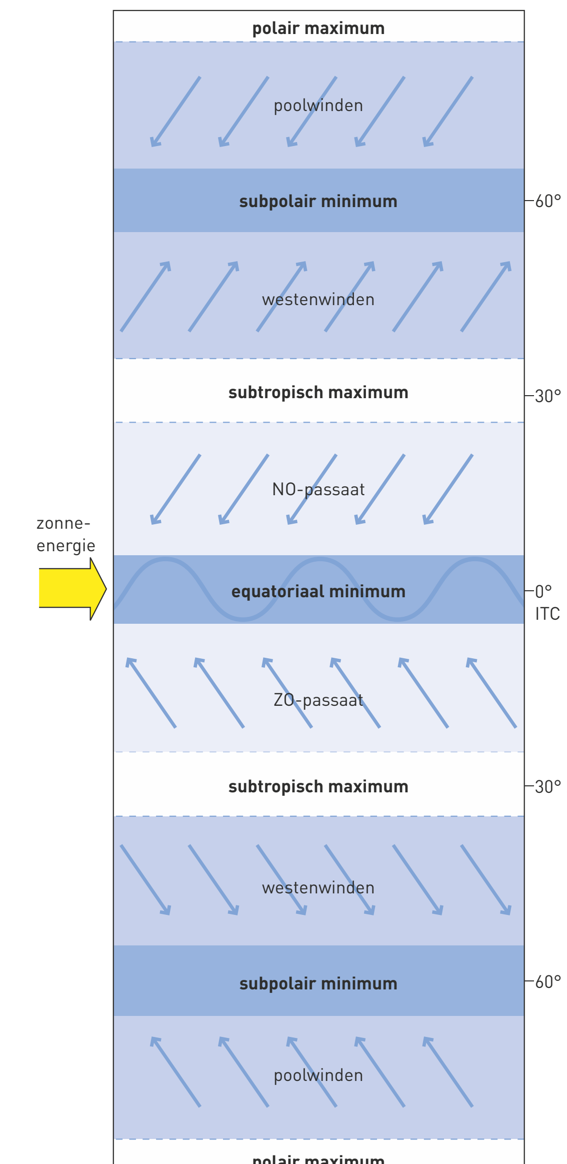
▶ De ideeën van Hadley zetten aan tot denken en werden in latere eeuwen verfijnd. Een belangrijke aanpassing had te maken met de draaiing van de aarde en de daarmee gepaard gaande corioliskracht.

■ Het corioliseffect kun je heel makkelijk nabootsen op een draaimolen, die je net als de aarde tegen de wijzers van de klok laat indraaien. Als je in het midden van de draaimolen staat en een bal gooit naar iemand die aan de rand meedraait, zal de bal de persoon aan de rand aan de rechterkant passeren. Deze persoon beweegt zich namelijk ten opzichte van de werper met grote omloopsnelheid naar links. Gedurende de tijd die de bal erover doet om de persoon te bereiken, is deze al een flink stuk verder doorgedraaid. Als je de bal zou gooien naar iemand die buiten de draaimolen staat, zal de bal altijd bij die persoon aankomen. De bal beweegt zich dus gewoon in rechte lijn voort.

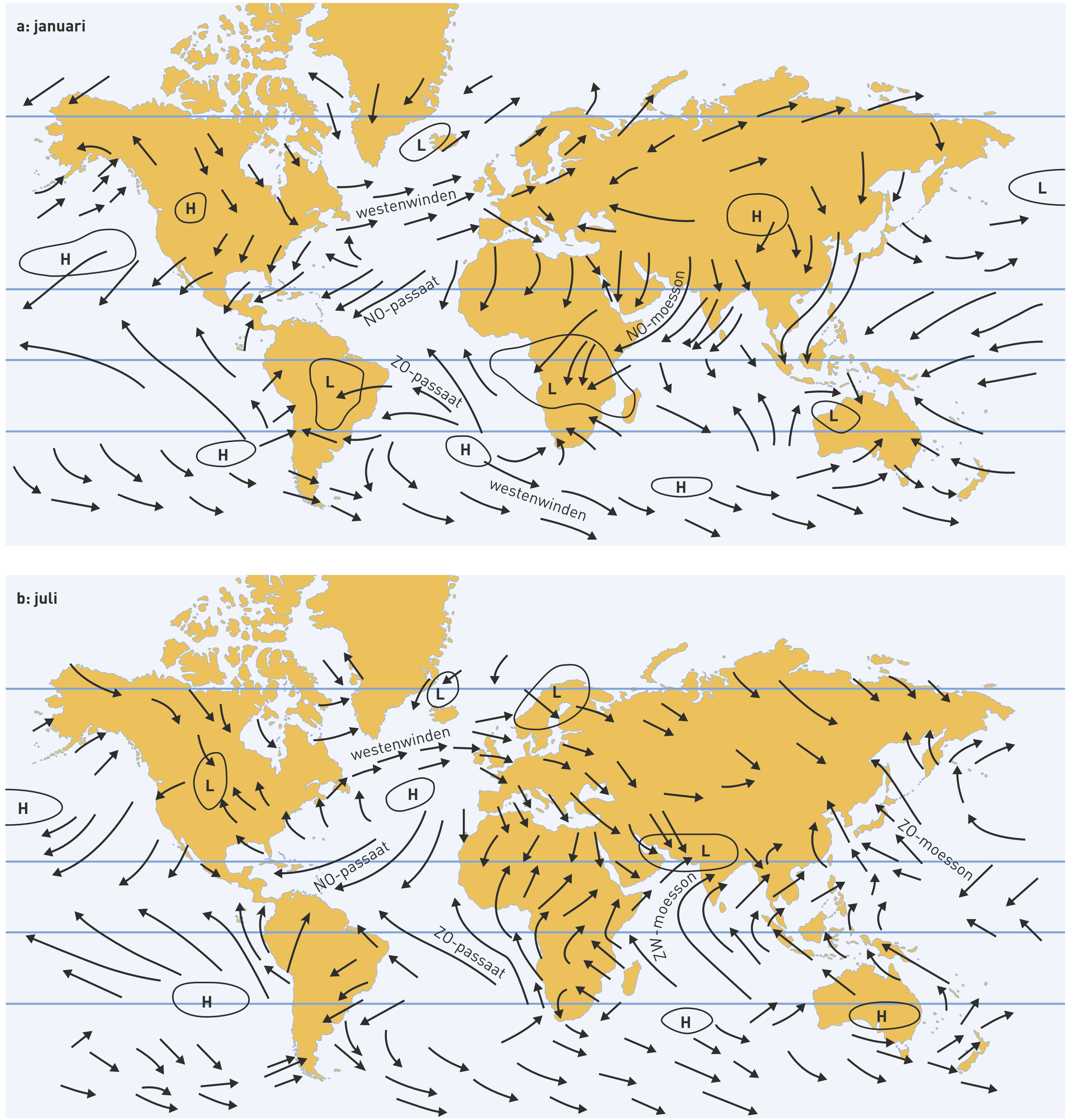
● Door het corioliseffect kan de wind die op grote hoogte van de evenaar naar de pool stroomt, de Noordpool niet bereiken. Op 30° N.B. is de lucht zo afgekoeld, dat deze naar beneden zakt. Als deze lucht het aardoppervlak bereikt, stroomt een deel terug naar de evenaar en een ander deel naar het noorden.

● De lucht die aan het aardoppervlak van de Noordpool naar de evenaar stroomt, ontmoet op ongeveer 60° N.B. deze naar het noorden stromende lucht die vanaf 30° N.B. komt. De lucht botst en kan niet anders dan stijgen. Aan de rand van de troposfeer stroomt een deel van deze lucht terug naar de pool. Het restant

> corioliskracht



Figuur 1.9 De belangrijkste windsystemen op aarde.



Figuur 1.10 Luchtdruk en winden in januari en juli.

gaat richting de evenaar. In figuur 1.8 zie je alles getekend.
▶ Als gevolg hiervan zijn er zeven gordels van hoge en lage luchtdruk met het bijhorende windsysteem (figuur 1.9). De afwijkingen die je ziet, zijn het gevolg van de corioliskracht. In het algemeen geldt de wet van Buys Ballot, die zegt dat als je met je rug naar de wind staat, je op het noordelijk halfrond de hoge druk rechtsachter hebt en de lage druk linksvoor. Op het zuidelijk halfrond heb je de hoge druk linksachter en de lage druk rechtsvoor.
De relatief droge winden die het hele jaar uit oostelijke richting



Figuur 1.11 Moessonregens in Azië.

van de subtropische hogedrukgebieden naar de evenaar waaien, heten passaten.

Afwijkingen van het globale windsysteem

▶ De werkelijkheid verschilt nogal van de situatie zoals die is getekend in figuur 1.9. Dat komt door de schuine stand van de aardas en door de verschillen tussen land en zee.
● Door de schuine stand van de aardas vindt de loodrechte zonnestand niet het gehele jaar op de evenaar plaats. Deze 'beweegt' zich tussen de twee keerkringen. Aangezien de laagste luchtdruk wordt gemeten waar de temperatuur het hoogst is, beweegt de zone van lage luchtdruk rond de evenaar, de intertropische convergentiezone (ITC), mee. De verschuiving beperkt zich niet tot het gebied rond de evenaar. Het hele windsysteem verschuift in juli naar het noorden en in januari naar het zuiden (figuur 1.10).
● Doordat de verschillen in temperatuur tussen zomer en winter boven de continenten het grootst zijn, is de verschuiving daar het sterkst. Vanaf juli ligt het ITC op ongeveer 20° N.B. boven de continenten Azië en Afrika. Door de afwijking naar rechts die de wind op het noordelijk halfrond krijgt, zuigen de lagedrukgebieden boven deze continenten vochtige zeelucht aan. De aanlandige moessons brengen een paar maanden van het jaar veel neerslag. Rond januari, als het ITC op het zuidelijk halfrond ligt, waait er een aflandige droge moesson uit het noordoosten.

> passaten

> moessons

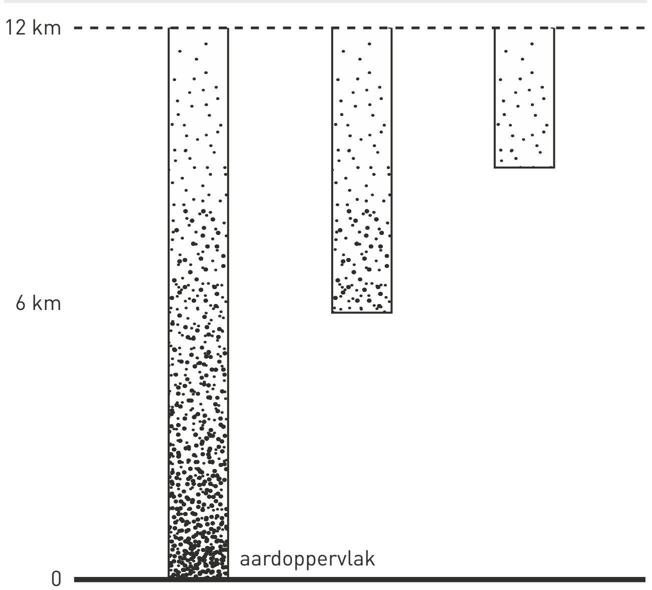
Opdrachten 1.2

Deelvragen
4 Wat is de verklaring voor het globale windsysteem?
5 Waarom zijn er variaties op het globale windsysteem?

Opdracht 16
Bestudeer aandachtig de tekst van paragraaf 1.2. Bekijk ook goed de figuren.

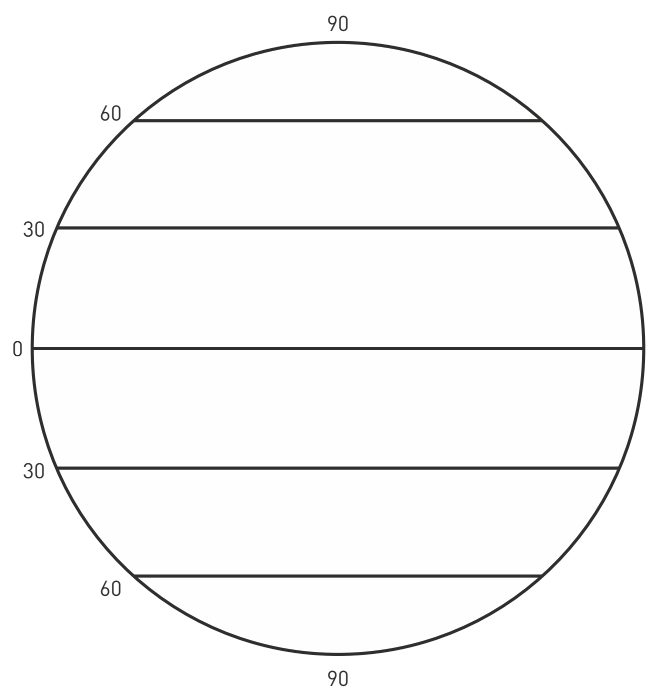
Opdracht 17 Luchtdruk K/I
Bekijk W6.
a Wat is luchtdruk?
b Is de luchtdruk op 6 kilometer hoogte de helft van die op de aarde? Leg je antwoord uit.
c Waarom moeten bergklimmers in de Himalaya zuurstofflessen meenemen?

W6 De luchtdrukverdeling in de atmosfeer.



Opdracht 18 Het mondiale windsysteem K
a Neem de figuur van W7 over in je schrift. Teken en benoem in de figuur de ligging van de hoge- en lagedrukgebieden aan het aardoppervlak.
b Teken met blauw de winden die aan het aardoppervlak zouden waaien zonder het corioliseffect.
c Teken met rood en benoem de winden die aan het aardoppervlak waaien als je rekening houdt met het corioliseffect.

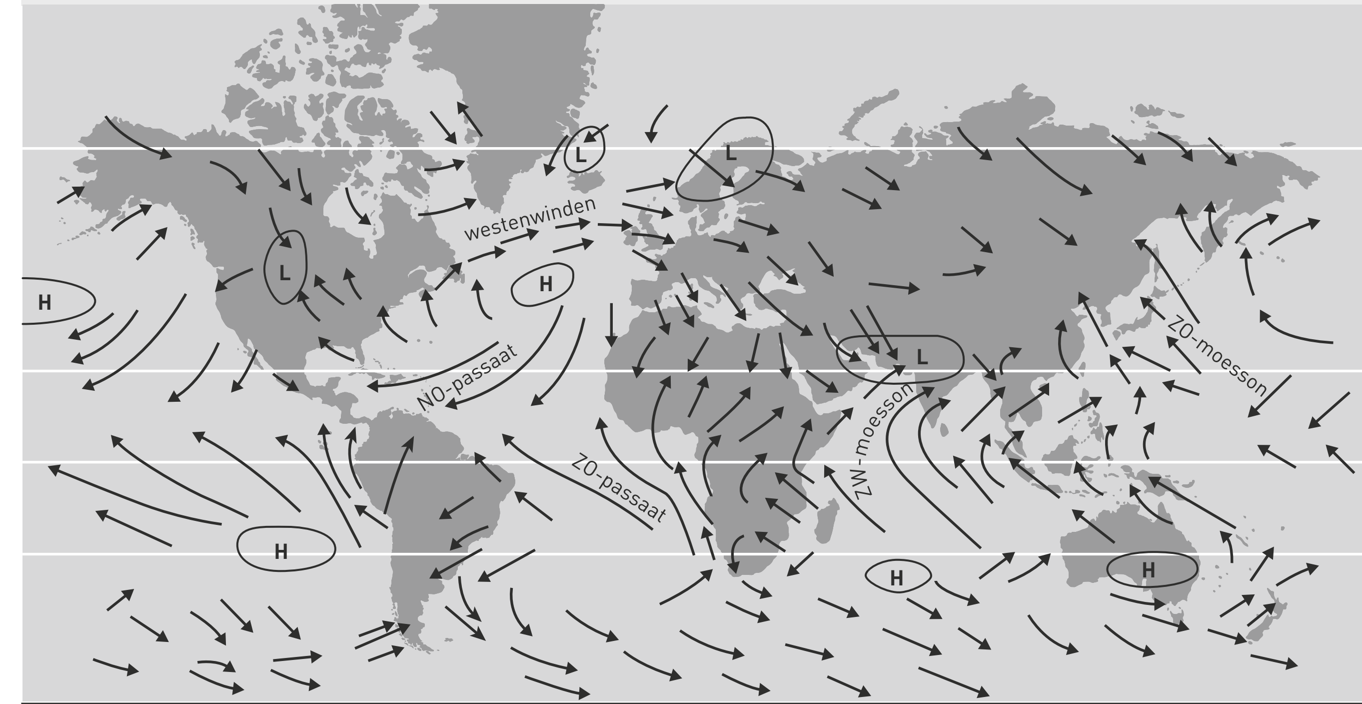
W7 Het mondiale windsysteem. **Overnemen in je schrift!**



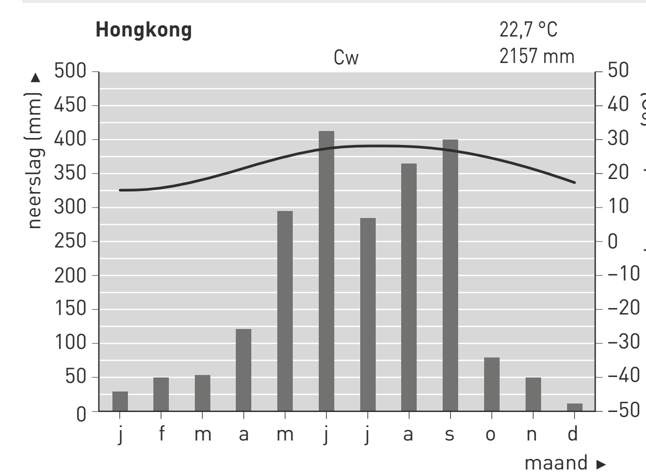
Opdracht 19 ITC I
Bekijk W8.
a Voor welke maand is het mondiale windsysteem hier getekend?
b Verklaar je antwoord.

Bekijk W9.
c Wat voor klimaat is het Cw-klimaat volgens Köppen?
d Verklaar de droge winter die Hongkong heeft. *Je antwoord moet bestaan uit een algemene regel en een situatiebeschrijving.*

W8 Het mondiale windsysteem in ...



W9 Klimaatdiagram voor Hongkong.



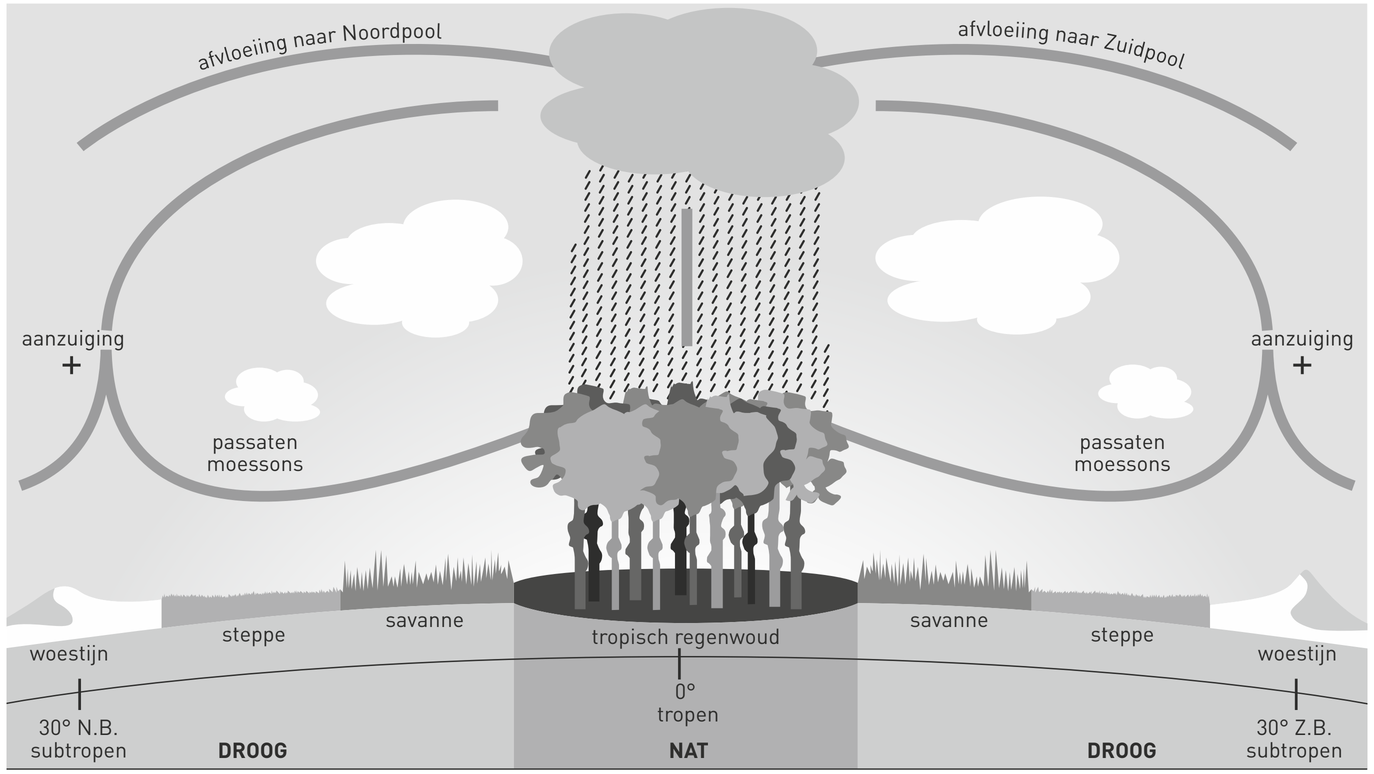
Opdracht 20 Tussen de keerkringen K/I
Download en print W10.
a Teken op de doorsnede in W10 de richting van de luchtcirculatie.
b Verklaar waarom het nat is in de tropen en droog in de subtropen.
c Hoe heten de regens bij de evenaar?

Opdracht 21 Land- en zeewinden I VERDIEPING
Download en print W11 en W12.
a Zet in W11 bij de cijfers 1 t/m 4 een H als er sprake is van een hogeluchtdrukgebied en een L als er sprake is van een lageluchtdrukgebied.
b Geef in W11 met pijlen de luchtcirculatie aan.
c Is er sprake van een land- of een zeewind?
d Leg uit dat deze wind verkoeling kan brengen.
e Teken in W12 de situatie zoals die 's nachts in het gebied is.

Opdracht 22 Terugblik op paragraaf 1.2
Zijn de volgende beweringen goed of fout?
A Als gevolg van de corioliskracht krijgt de wind op het zuidelijk halfrond een afwijking naar rechts.
B Op ongeveer 60° N.B. en Z.B. ligt een lagedrukgebied.
C Poolwinden waaien altijd uit oostelijke richting.
D Het ITC bereikt op het zuidelijk halfrond een hogere breedte dan op het noordelijk halfrond.
E Moessons zijn halfjaarlijkse winden die tussen de keerkringen waaien.

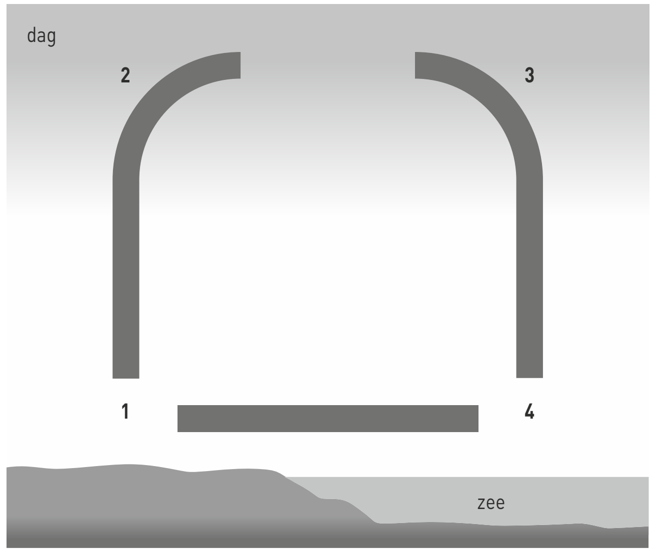
Online extra
Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.

W10 Luchtcirculatie tussen de keerkringen. **Downloaden en printen!**



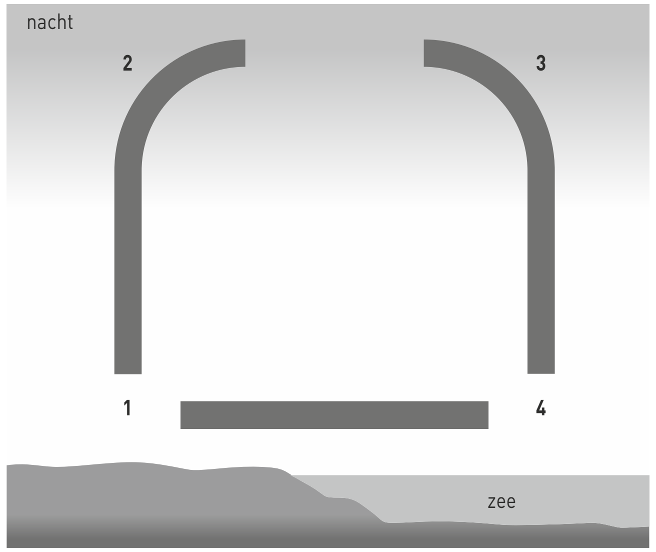
Downloaden en printen!

W11 De luchtcirculatie op een warme zomerdag.



Downloaden en printen!

W12 De luchtcirculatie 's nachts, na een warme zomerdag.





1.3 Rivieren in de oceanen

Badeendjes op zee

In januari 1992 sloeg tijdens een storm een container van een vrachtschip overboord. Nu gebeurt dat dagelijks, maar de lading van deze container was bijzonder: bijna 30.000 badspeeltjes. Gele badeendjes, blauwe schildpadden, rode bevers en groene kikkers: allemaal kwamen ze in de Stille Oceaan terecht. Bijna een jaar later spoelden duizenden speeltjes aan op de kust van Alaska. Een groot deel zat jaren vastgevroren in het Noordpoolijs. Pas in 2000 werden ze voor de kust van IJsland gesignaleerd. Nog steeds spoelen speeltjes, weliswaar sterk verweerd, aan op verschillende stranden in de wereld. Door het onbedoelde experiment met de badspeeltjes is waardevolle informatie verkregen over de zeestromen in de oceanen.

Zeestromen

▶ De overheersende winden zijn de belangrijkste reden voor het ontstaan van de zeestromen. Deze zeestromen zijn ook verantwoordelijk voor een herverdeling van zonne-energie over de aarde. Net als bij de wind hebben de bolvorm en de draaiing van de aarde invloed op het patroon. Ook zeestromen krijgen op het noordelijk halfrond een afwijking naar rechts en op het zuidelijk halfrond een afwijking naar links.

> zeestromen

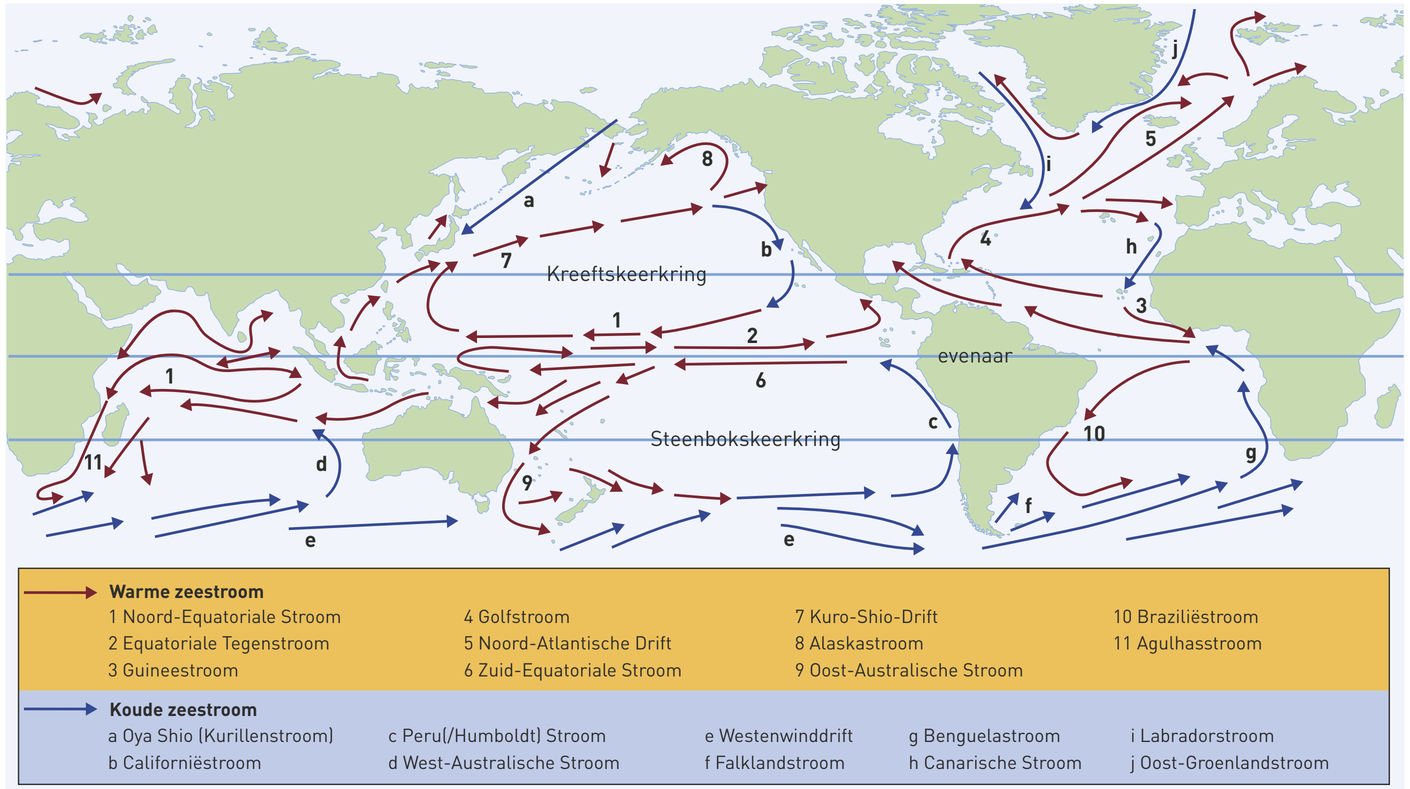
● Binnen elke oceaan bevindt zich een hoofdcirculatie die bestaat uit meerdere stromen (figuur 1.12). Op het noordelijk halfrond draait zo'n circulatiepatroon met de wijzers van de klok mee, op het zuidelijk halfrond tegen de wijzers van de klok in. Ondiepten in de oceanen en de vorm van de continenten verstoren soms het patroon.

■ De Zuid-Equatoriale Stroom wordt bijvoorbeeld door de vooruitstekende punt van Brazilië gedwongen zich in twee stromen te splitsen. De Braziliëstroom gaat vervolgens naar hogere breedten en het restant van de Zuid-Equatoriale Stroom gaat naar de evenaar.

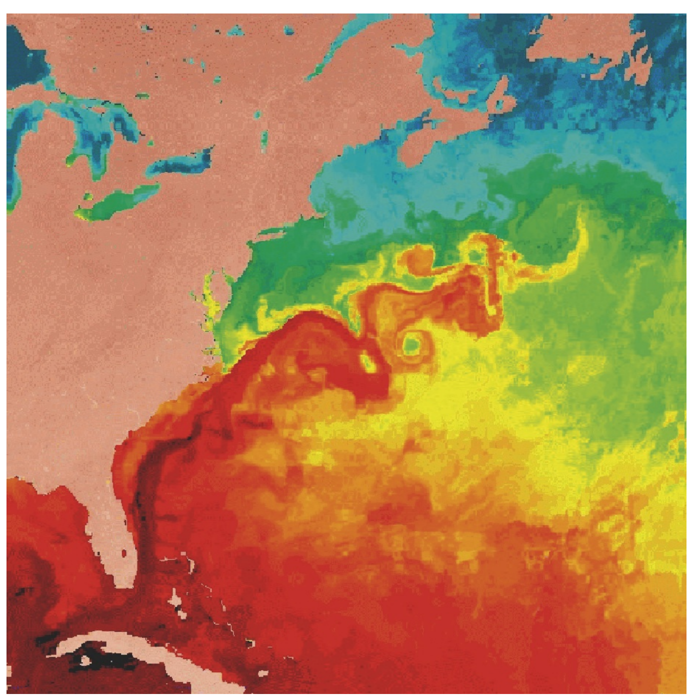
■ De belangrijkste uitzondering is de Westenwinddrift ten noorden van Antarctica. Dit is de enige zeestroom die ongehinderd van west naar oost rond de aarde stroomt.

▶ Uit figuur 1.12 kun je aflezen dat er twee soorten zeestromen zijn: warme en koude zeestromen. De warme zeestromen brengen warm water naar de polen en koude zeestromen zorgen ervoor dat koud water naar lagere breedtes stroomt. Het effect van een zeestroom op de temperatuur hangt af van het feit of het een warme of een koude zeestroom is. Warme zeestromen zorgen vooral in de winter voor aangenamere temperaturen op hogere breedten. Koude zeestromen daarentegen kunnen juist in de zomermaanden voor lagere temperaturen zorgen.

■ Warm en koud moet je overigens niet al te letterlijk opvatten. Het betekent alleen dat de watertemperatuur hoger of lager is dan je op een bepaalde breedtegraad zou mogen verwachten. Het water van de (koude) Canarische Stroom is bijvoorbeeld



Figuur 1.12 De belangrijkste zeestromen.

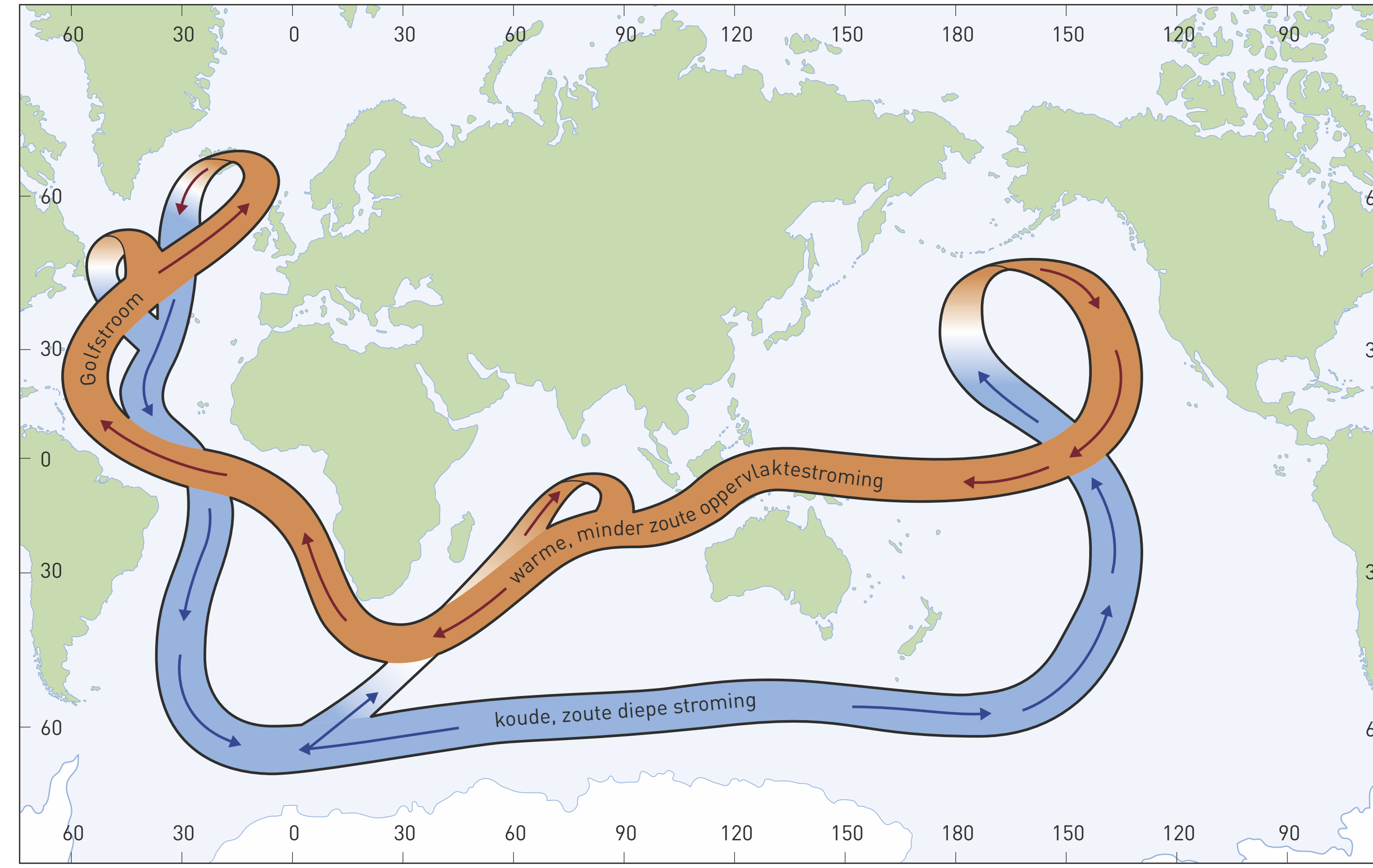


Figuur 1.13 Op deze satellietopname is de Golfstroom (rood) goed te herkennen.

warmer dan het water van de (warme) Golfstroom voor de kust van Noorwegen.

Thermohaline circulatie

▶ De Golfstroom voert warmer en iets zouter dan gemiddeld zeewater vanuit de Golf van Mexico naar Noord- en West-Europa. Door deze zeestroom smelt bijvoorbeeld het ijs in de wateren rond Groenland en is de Russische havenstad Murmansk een paar maanden per jaar bereikbaar voor scheepvaartverkeer. Door de Golfstroom heeft Noordwest-Europa een zachter klimaat dan de geografische breedte zou doen vermoeden.
Voor de kust van IJsland komt het water van de Golfstroom in aanraking met koude lucht en het koudere water dat uit de buurt van de Noordpool komt. Doordat de Golfstroom warmte afgeeft, daalt de temperatuur van het water van 10 °C tot 2 °C. Door de grote hoeveelheid zout die het bevat, is de dichtheid van dit water bij 2 °C zo groot geworden dat het naar de oceaanbodem zinkt. Deze stroming langs de bodem van de oceaan wordt de Noord-Atlantische Diepwaterstroming genoemd en beweegt zich in de richting van de evenaar. Ten zuiden van Afrika buigt de stroming naar het oosten en vindt vermenging plaats met een stroming die rond Antarctica circuleert. Uiteindelijk verspreidt het koude, diepe oceaanwater zich in de Grote Oceaan. Deze reis duurt ongeveer duizend jaar.



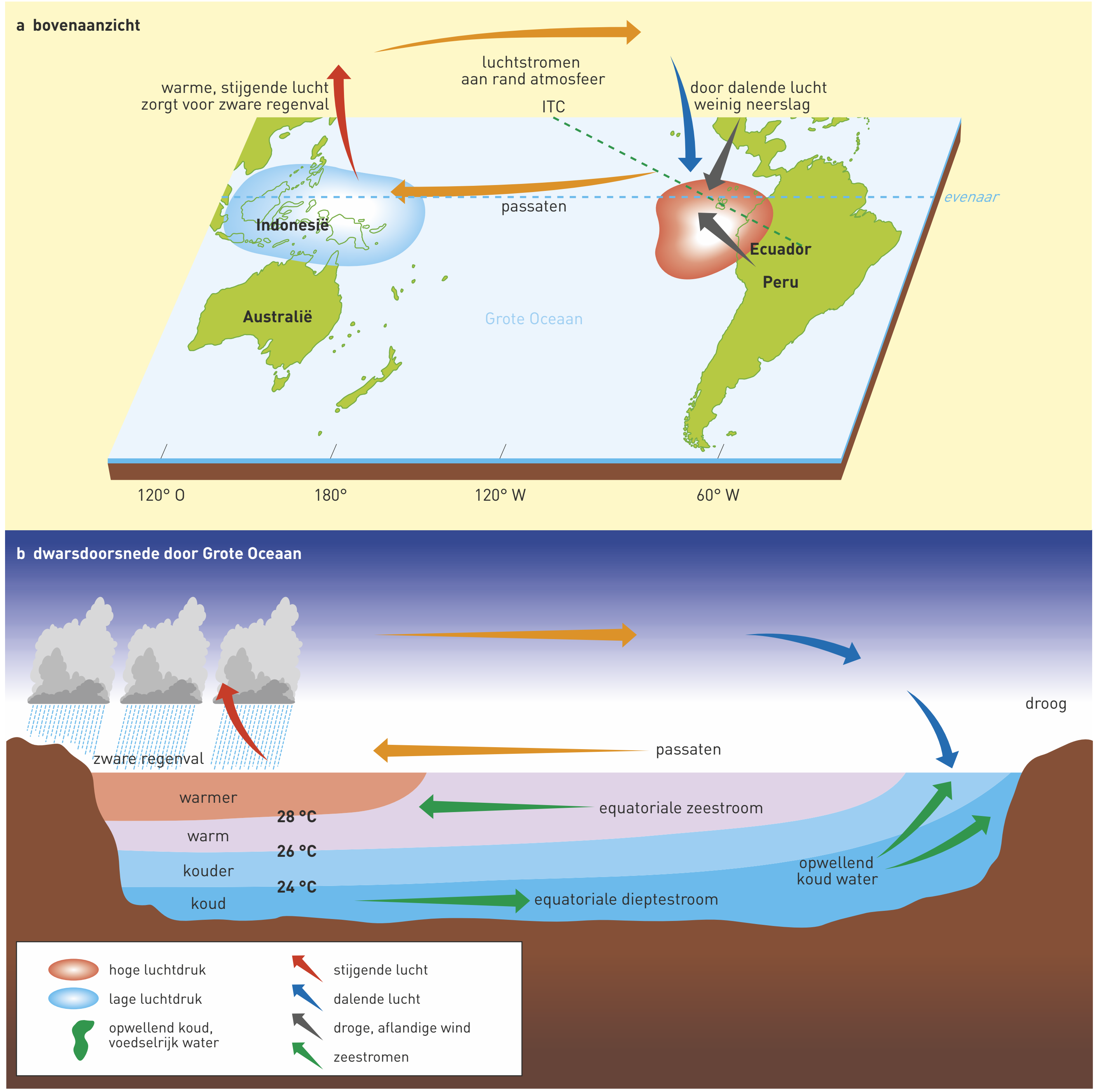
Figuur 1.14 Thermohaline circulatie.

● Omdat er bij Groenland steeds weer nieuw water naar beneden zinkt, wordt het diepe water op andere plekken in de oceanen opnieuw omhoog gestuwd. Het warme oppervlaktewater wordt op sommige plekken door de wind weggeblazen. Hierdoor kan het koude water uit de diepte daar weer opwellen. Het water wordt weer warmer en stroomt via Indonesië en Afrika naar het Caribisch gebied. Daar wordt het door de grote verdamping zouter en wordt het door de westenwinden naar de afzinkput bij Groenland geblazen.
Deze oceaanstroming, die dus wordt aangedreven door de dichtheidsverschillen van het oceaanwater, heet de thermohaline circulatie. Dit thermohaline ('warmte' en 'zoutgehalte') circulatiesysteem werkt als een geweldige diepwaterpomp die warm water uit de tropische streken naar het noorden stuwt en dan weer retour via de diepte van de oceanen.

> thermohaline circulatie
> diepwaterpomp

Het Kerstkind

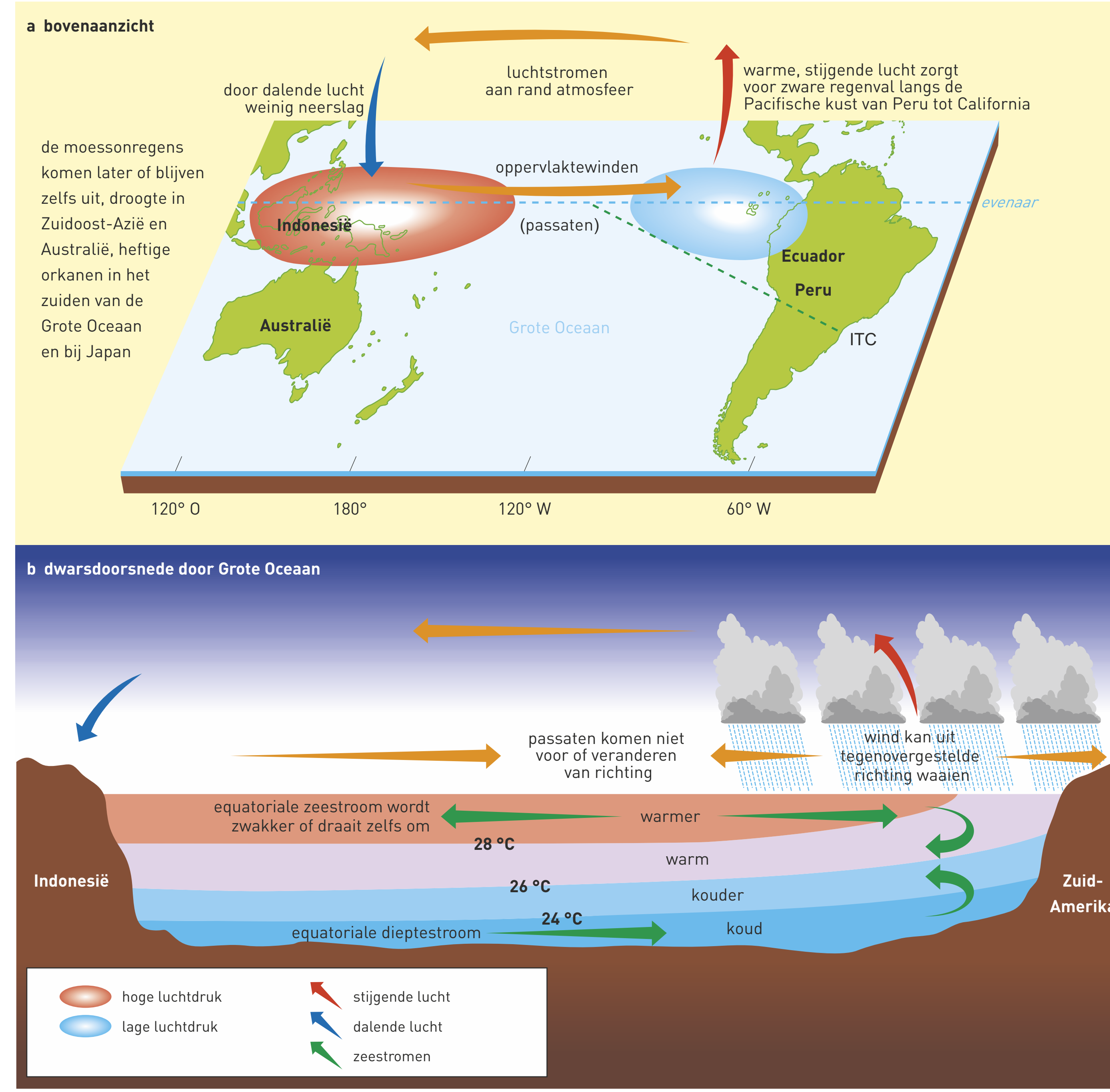
▶ Isaias Silva zag in februari 1998 dat het waterpeil van de rivier de Piura vlak bij zijn dorp Chato Chico (Peru) in een paar dagen tijd heel erg was gestegen. Dit kwam door geweldige regenbuien die het gebied al wekenlang teisterden. Soms viel er 15 cm neerslag op één dag. Op 15 februari 1998 trad de rivier buiten haar oevers. 'Het ging razendsnel,' vertelt Isaias, 'binnen de kortste keren stond het water tot mijn middel. Ik had nog tijd om mijn twee kinderen te redden, maar voor de rest ben ik alles kwijt: mijn huis, mijn vee en al mijn andere bezittingen.'
Als je Peruaanse vissers duizenden kilometers verderop had gevraagd wat hiervan de oorzaak was, hadden ze – hoe gek het ook klinkt – allemaal geantwoord: 'El Niño.' In paragraaf 1.2 heb je geleerd dat op de Grote Oceaan in de buurt van de evenaar onder normale omstandigheden de passaten waaien. Die stuwen het oppervlaktewater naar het westen. Vooral de Zuid-Equatoriale Stroom neemt veel warm water mee naar Indonesië en het noordoosten van Australië. Boven het warme zeewater stijgt de vochtige lucht op, waardoor er in deze gebieden veel neerslag valt. Aan de andere kant van de Grote Oceaan, bij de Zuid-



Figuur 1.15 Normale situatie zeestromen en winden in de Grote Oceaan.

Amerikaanse westkust, blaast de aflandige passaatwind het oppervlaktewater van de kust weg. Het wordt aangevuld door koel water dat uit de diepte van de oceaan opwelt. Dat water is over de oceaanbodem gestroomd en is daardoor rijk aan allerlei afbraakproducten van dode organismen en mineralen. Deze stoffen worden gebruikt door algen en andere waterplanten, die op hun beurt weer worden gegeten door vissen. De kustwateren van Chili en Ecuador zijn daardoor visrijk. Vooral de vangst van ansjovis is een belangrijk bestaansmiddel voor de kustbewoners.

▶ Rond de jaarwisseling is er meestal gedurende twee tot drie maanden een onderbreking in het windpatroon. De zon staat dan loodrecht boven de Steenbokskeerkring (23,5° Z.B.) en veroorzaakt een afwijking van de gemiddelde luchtdrukverdeling. Ten zuiden van de evenaar gaat dan boven de Grote

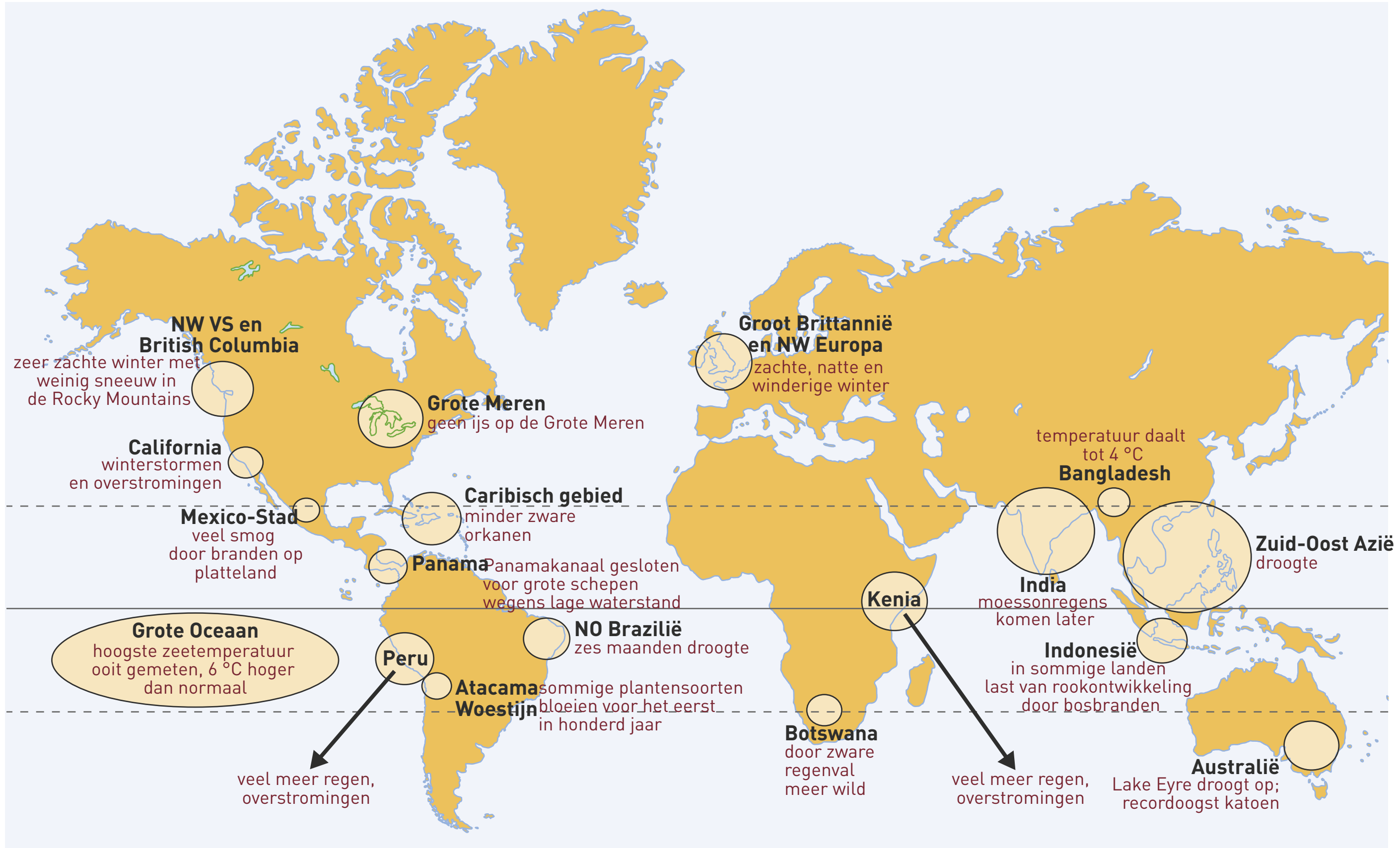


Figuur 1.16 El Niño situatie in de Grote Oceaan.

Oceaan een westelijke wind waaien. Bij de westkust van Zuid-Amerika wordt warm oppervlaktewater aangevoerd (figuur 1.16). Doordat er geen koud water meer kan opwellen, wordt de hoeveelheid plankton minder en verdwijnen de vissen. De vissers in dat gebied noemen het verschijnsel El Niño, het Kerstkind, omdat het hoogtepunt meestal rond Kerstmis optreedt.

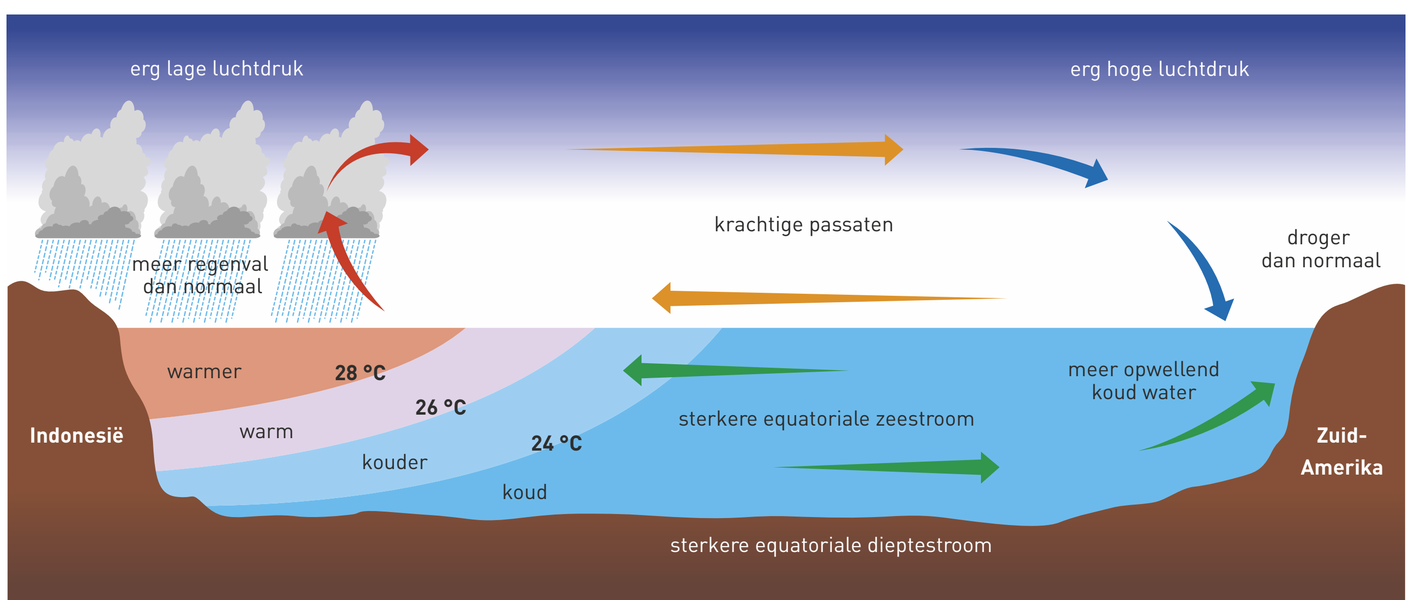
> El Niño

● Al vanaf de zestiende eeuw wordt El Niño beschreven. Daarin wordt verhaald over het wegblijven van de scholen ansjovis, hevige regenval in woestijngebieden en de daarmee gepaard gaande overstromingen. Sinds de zeventiger jaren van de vorige eeuw worden er gegevens verzameld over het verschijnsel. Daaruit komt naar voren dat er elke twee tot zeven jaar een krachtige El Niño voorkomt. De meest recente dateren uit 1982/1983, 1986/1987, 1992/1994 en 2007/2008. In 1997/1998 was



Figuur 1.17 Gevolgen van El Niño in 1998.

er een record El Niño. In plaats van een paar maanden kan zo'n record El Niño wel drie jaar duren. De gevolgen bij een krachtige El Niño blijven ook niet beperkt tot de westkust van Zuid-Amerika, omdat zich dan overal in de wereld korte klimaatveranderingen voordoen. Extreme droogte in Australië, Zuidoost-Azië en Zuid-Afrika leiden tot misoogsten en soms tot



Figuur 1.18 La Niña-situatie in de Grote Oceaan.

grote bosbranden. Deze waren ontstaan doordat kleine boeren op Sumatra en Kalimantan kleine oppervlakten bos plat brandden voor nieuwe akkers. Normaal gesproken worden de brandjes snel geblust door de regen van het tropische klimaat. Maar als de regen uitblijft, verliest men de controle over het vuur en ontstaan grote vuurzeeën. Meer dan één miljoen hectare bos ging in vlammen op en tientallen mensen kwamen om het leven. De gevolgen bleven niet beperkt tot Indonesië. Door de smog die ontstond als gevolg van de bosbranden, werd het leven niet alleen in Indonesië, maar ook in veel buurlanden totaal ontregeld. Luchthavens werden gesloten, schepen lagen weken stil in de havens en de toeristenindustrie klapte in elkaar.
Ook verhoogde orkaanactiviteit, overstromingen in het zuiden van de Verenigde Staten en warmere winters in Canada worden toegeschreven aan El Niño.

La Niña

▶ Na afloop van El Niño in 1998 stelden klimatologen in mei vast dat de temperatuur in het oostelijk deel van de Grote Oceaan met 8 °C was gedaald. Op grond daarvan voorspelden ze La Niña, letterlijk 'het kleine meisje'. Bij La Niña zijn de klimaatomstandigheden precies het tegenovergestelde van El Niño. De luchtdruk in het westelijk deel van de Grote Oceaan wordt nog lager dan normaal en de hoge luchtdruk in het oostelijk deel neemt toe. Dit heeft tot gevolg dat de passaten sterker worden. Hierdoor worden grote hoeveelheden oceaanwater westwaarts gestuwd en stijgt de zeespiegel bij Indonesië en de Filipijnen. De neerslag in Zuidoost-Azië neemt toe en er ontwikkelen zich meer tropische stormen in Australië. In Peru en Ecuador is het juist droger dan normaal, maar voor de kusten van deze landen welt meer planktonrijk koud water op, waardoor de visvangsten geweldig stijgen.

> La Niña

Opdrachten 1.3

Deelvragen
6 Wat is de invloed van zeestromen op het klimaat?
7 Wat zijn El Niño en La Niña?

Opdracht 23
Bestudeer aandachtig de tekst van paragraaf 1.3. Bekijk ook nu weer goed de figuren.

Opdracht 24 Ecologische landschapszones I/V
Lees achter in dit boek in het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' onder 3 de alinea 'Kaartvaardigheden'.
Gebruik de atlas.
a Op welke kaart in de atlas staan de biomen afgebeeld? Noteer titel en nummer van de kaart.
b Wat valt je op als je de ligging van de polaire zones in het oosten van Noord-Amerika vergelijkt met die in West-Europa?
c Verklaar dit verschil met behulp van GB 196.
Je antwoord moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.

Opdracht 25 De invloed van zeestromen I
Bekijk figuur 1.12 en gebruik W13 en W14.
In W13 wordt gesproken over een sterke temperatuurdaling in Noordwest-Europa aan het einde van de laatste ijstijd.
Deze temperatuurdaling ontstond door de grote toevoer van zoet water in de noordelijke Atlantische Oceaan.
a Leg uit dat de toevoer van veel zoet water naar de noordelijke Atlantische Oceaan leidde tot een afkoeling van Noordwest-Europa.
Je antwoord moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.

Volgens W14 was de aandrijvende werking van het warme water rondom de Indonesische eilanden tijdens de laatste ijstijd niet aanwezig. Het warme water kon toen niet vanuit de Grote Oceaan verplaatst worden naar de Indische Oceaan. Dit had grote gevolgen voor het klimaat op het noordelijk halfrond.
b Leg met behulp van GB 188/189 en W14 uit dat de aandrijvende werking van het warme water wegviel tijdens de laatste ijstijd.
Je antwoord moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.

W13 De Noord-Atlantische Stroom.

De Golfstroom ontstaat door een opstuwing van warm water in de Golf van Mexico. In het verlengde van de Golfstroom bevindt zich de Noord-Atlantische Stroom die richting Noorwegen stroomt.
In de laatste ijstijd vonden meerdere abrupte temperatuurveranderingen plaats, met name in het gebied rondom de noordelijke Atlantische Oceaan. De laatste plotselinge temperatuurverandering aan het einde van de laatste ijstijd vond rond 12.500 jaar geleden plaats. De verandering volgde op een periode van temperatuurstijging. Deze temperatuurstijging leidde tot het afsmelten van de ijskap in Noord-Amerika. Het smeltwater verzamelde zich in een grote binnenzee. Deze binnenzee werd door een gletsjertong afgesloten van de noordelijke Atlantische Oceaan. Na het afsmelten van deze gletsjertong vond de geweldige zoetwatermassa in de binnenzee toch een weg naar de noordelijke Atlantische Oceaan. IJsboringen tonen aan dat de gemiddelde jaartemperatuur in Noordwest-Europa hierna in enkele decennia ongeveer 5 °C is gedaald, waardoor de Noord-Atlantische regio weer terugkeerde naar een ijstijdsituatie.

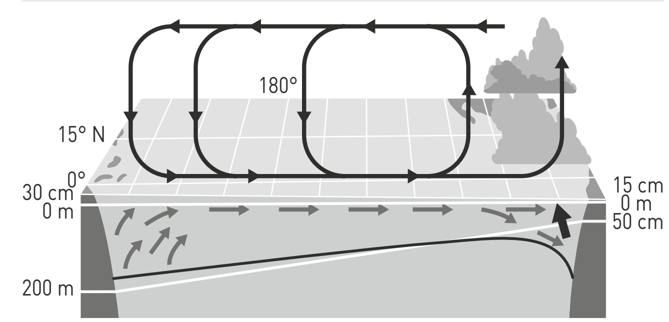
W14 Klimaatverandering.

Klimaatverandering is van alle tijden. Zelfs de snelle overgang naar een warmer klimaat, die we nu meemaken, is geologisch gezien geen uitzondering. Zo voltrok de overgang van de laatste ijstijd naar ons interglaciaal, het Holoceen, zich in amper vijftig jaar. Om te bepalen hoe de huidige klimaatverandering zich verhoudt tot eerdere klimaatveranderingen, willen klimatologen een zo nauwkeurig mogelijk beeld krijgen van de natuurlijke variatie van het klimaat.
(...) Zo ontstaat ook een preciezer beeld van de invloed van oceaanstromen op het klimaat. Australische onderzoekers hebben gewezen op de mogelijkheid dat het warme water ten noorden en ten oosten van Indonesië de circulatie van het oceaanwater bevordert. Deze warmtepoel ontstaat door de sterke opwarming van het zeewater bij Indonesië. In de laatste ijstijd zou volgens hen de oceaancirculatie die over de aarde trekt, zijn geblokkeerd bij Indonesië. (...) Dat hield de ijstijd op het noordelijk halfrond in stand.

Opdracht 26 El Niño of La Niña? K/I
Bekijk W15.
a Is deze situatie aan te duiden als El Niño of als La Niña?
b Licht je keuze toe met twee argumenten die je uit W15 kunt afleiden.

Opdracht 27 Standpunt bepalen VERDIEPING
In deze opdracht ga je een beargumenteerd standpunt geven. Je moet hiervoor gebruikmaken van W16 en W17.
Over het wel of niet afzwakken van de Golfstroom verschijnen met grote regelmaat tegenstrijdige berichten.
Stelling: Er is geen wetenschappelijke zekerheid dat de Golfstroom afzwakt.
a Geef één argument voor de stelling, gebruikmakend van W16 of W17.
b Geef één argument tegen de stelling, gebruikmakend van W16 of W17.
c Ben je het eens of oneens met de stelling?
Beargumenteer je antwoord waarbij je gebruikmaakt van zowel je argument voor als je argument tegen uit de deelvragen a en b.

W15 El Niño of La Niña?



W16 Golfstroom zwakt gevaarlijk af.

Door onze redactie wetenschap
Rotterdam, 1 december 2005 – De warme Golfstroom, waaraan West-Europa haar milde klimaat dankt, zwakt af. Dat berichten Britse onderzoekers vandaag in het tijdschrift Nature.
Zij vergelijken resultaten van eigen onderzoek met oudere waarnemingen en noemen hun conclusie 'robuust'. Ook een begeleidend commentaar noemt de gevonden trend 'statistisch overtuigend' en beschrijft die als 'alarmerend'. Door het wegvallen van de Golfstroom zou de gemiddelde temperatuur van Noordwest-Europa met vele graden kunnen dalen. Dit lot treft vooral Engeland en Scandinavië maar ook Nederland. De ongunstige verandering in de Atlantische zeewatercirculatie zou zich binnen een of twee decennia kunnen voltrekken.
In drie gebieden bij IJsland en Groenland zakt het warme water naar de diepte. Uit metingen en berekeningen blijkt dat deze diepe onderstroom de laatste vijftig jaar aanzienlijk is afgezwakt. Tegelijk is gebleken dat het water uit de Straat van Florida steeds meer via een korte cyclus langs de oppervlakte terugstroomt naar het Caribisch gebied.
Onderzoek aan bodemslib uit de diepzee wees uit dat de Golfstroom in het geologische verleden ook regelmatig wegviel. Sinds een jaar of tien komen uit de afzinkgebieden bij IJsland en Groenland voortdurend aanwijzingen dat een opmerkelijke verzoeting optreedt en dat het zinken van zeewater begint te stagneren.
Door het wegvallen van warm water uit het zuiden zou vooral het water rond IJsland en Spitsbergen zeer sterk kunnen afkoelen. Ook voor de kust van Ierland, Engeland en Noorwegen kan de watertemperatuur flink dalen. Dat zal zijn weerslag hebben op het klimaat van West-Europa.
Diverse klimaatmodellen voorspellen een daling van de gemiddelde jaartemperatuur van een graad of vier. In het geologisch verleden veroorzaakte het wegvallen van de Golfstroom nog sterkere afkoeling.

W17 Golfstroom zwakt niet af.

Door onze redactie wetenschap
Rotterdam, 30 maart 2010 – Er is geen enkele aanwijzing dat de Golfstroom afzwakt. Eerder lijkt het omgekeerde het geval: dat de sterkte van de Golfstroom sinds de jaren negentig van de vorige eeuw iets is toegenomen. Dat schrijft de Amerikaanse onderzoeker Josh Willis in het vakblad Geophysical Research van 25 maart. Willis, verbonden aan het Jet Propulsion Laboratory in Pasadena, ontwikkelde een methode waarbij hij satellietmetingen gebruikt als controle en aanvulling op de beperkte metingen in de oceaan.
De Golfstroom is de oceaanstroming die relatief warm water van de Golf van Mexico naar het noordwesten van Europa voert en daar zachte winters brengt. De stroom is onderdeel van een driedimensionale oceaancyclus die op grote diepte weer koud water terugvoert naar het zuiden. De motor achter de cyclus wordt onder meer gevormd door

dichtheidsverschillen in het zeewater die weer door zoutgehalte en temperatuur worden bepaald.
Vroege klimaatmodellen maakten aannemelijk dat de dichtheidsverschillen onder invloed van het broeikaseffect zo zouden veranderen dat de cyclus zou afzwakken of zelfs stilvallen. Dan zou minder warm water bij Noordwest-Europa arriveren, zodat het daar juist kouder zou worden. Verbeterde modellen sluiten inmiddels uit dat de cyclus helemaal stilvalt. Ook zal het temperatuureffect in Europa maar gering zijn.
Eind 2005 berichtte een Britse onderzoeker in Nature dat de cyclus in de Atlantische Oceaan tussen 1957 en 2004 al met 30% in sterkte was afgenomen. Maar in 2007 is deze uitspraak alweer afgezwakt: misschien was in de natuurlijke variatie ten onrechte een trend gezien.
Tussen 2000 en 2007 zijn in het zogenoemde project Argo drieduizend zelfregistrerende boeien in de oceanen geworpen die zelfstandig kunnen afdalen tot een paar duizend meter diep en daar de heersende stroomsterkte rechtstreeks meten. Josh Willis toetste die metingen aan subtiele zeehoogtemetingen vanuit satellieten. Nu blijkt dat de waterverplaatsing in noordelijke richting (ruwweg in de bovenste 1.000 meter) tussen New York en Lissabon al sinds 2002 constant is, met een seizoensvariatie van 10 à 15%.

Opdracht 28 Terugblik op paragraaf 1.3

a Wat waren de deelvragen van deze paragraaf?
b Welke opdracht(en) had(den) met welke deelvraag te maken?

Online extra
Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.



1.4 Het klimaat als systeem

Klimaten door de eeuwen heen

De klimaten zoals wij die nu op aarde kennen, zijn in het verleden anders geweest. Je kunt dit vaak afleiden uit oude afzettingen die aan of nabij het oppervlak liggen. In de ondergrond van Nederland bijvoorbeeld, zit steenkool. Deze delfstof ontstaat door inkoling van dikke veenlagen die gevormd zijn in een veel warmer klimaat dan het huidige. De fossielen in de steenkoollagen wijzen op een tropisch klimaat van ongeveer 300 miljoen jaar geleden. Maar het is in Nederland niet alleen warm geweest; ons land heeft ook ijstijden gekend. Wellicht dat de kennis over het verleden kan helpen om de toekomst te begrijpen.

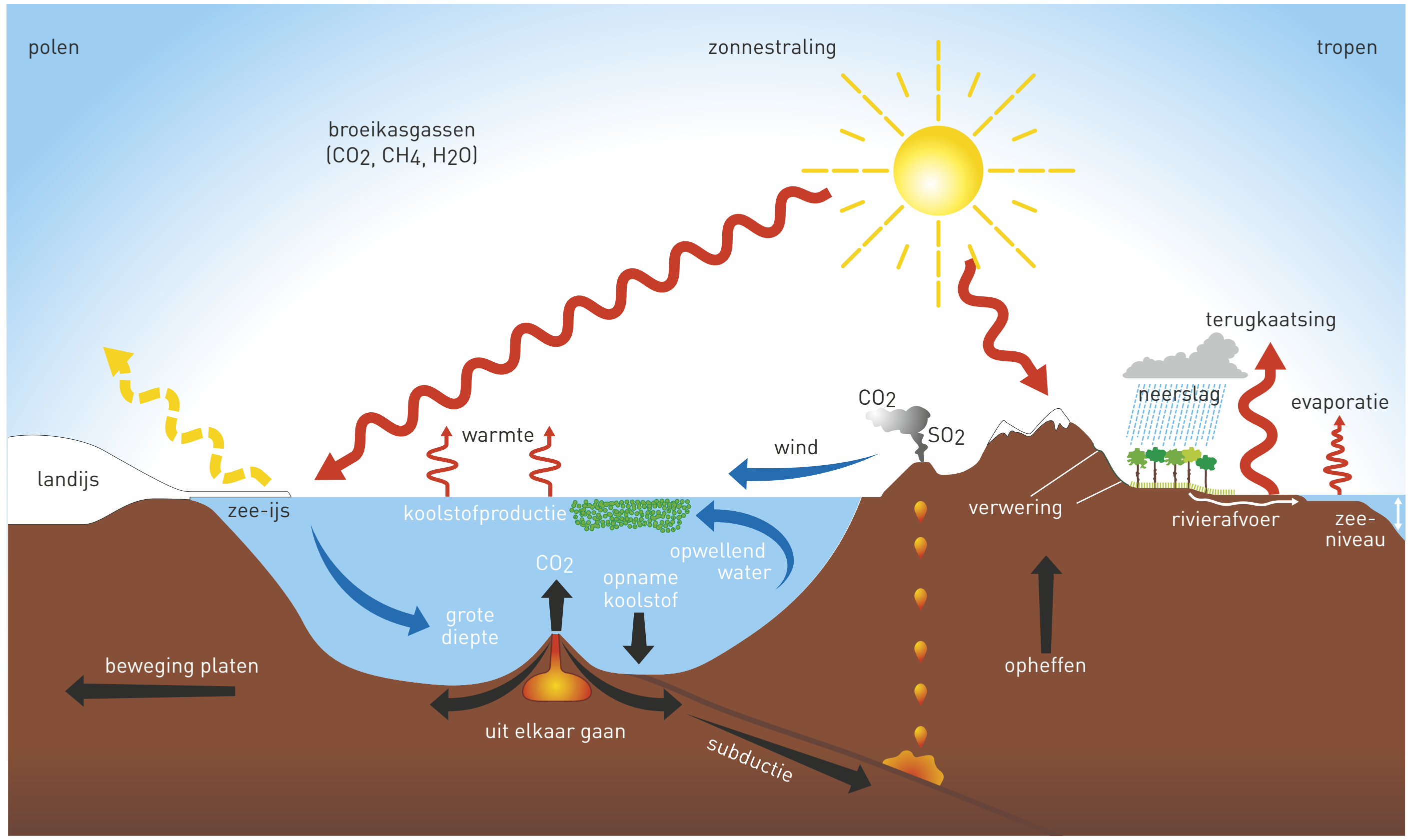
Samenspel

▶ Uit de voorgaande paragrafen zal je wel duidelijk zijn geworden dat het tot stand komen van een klimaat een samenspel is tussen lucht, water, ijs, land en vegetatie. Als er iets verandert in één van deze onderdelen, leidt dat tot gevolgen in de andere. Het klimaat kun je vergelijken met een machine. Om een eindproduct te krijgen, moet je van alles in de machine stoppen om deze te laten draaien. Als je er wat anders instopt, komt er een ander product uit. In figuur 1.19 en 1.20 is het klimaatsysteem afgebeeld.

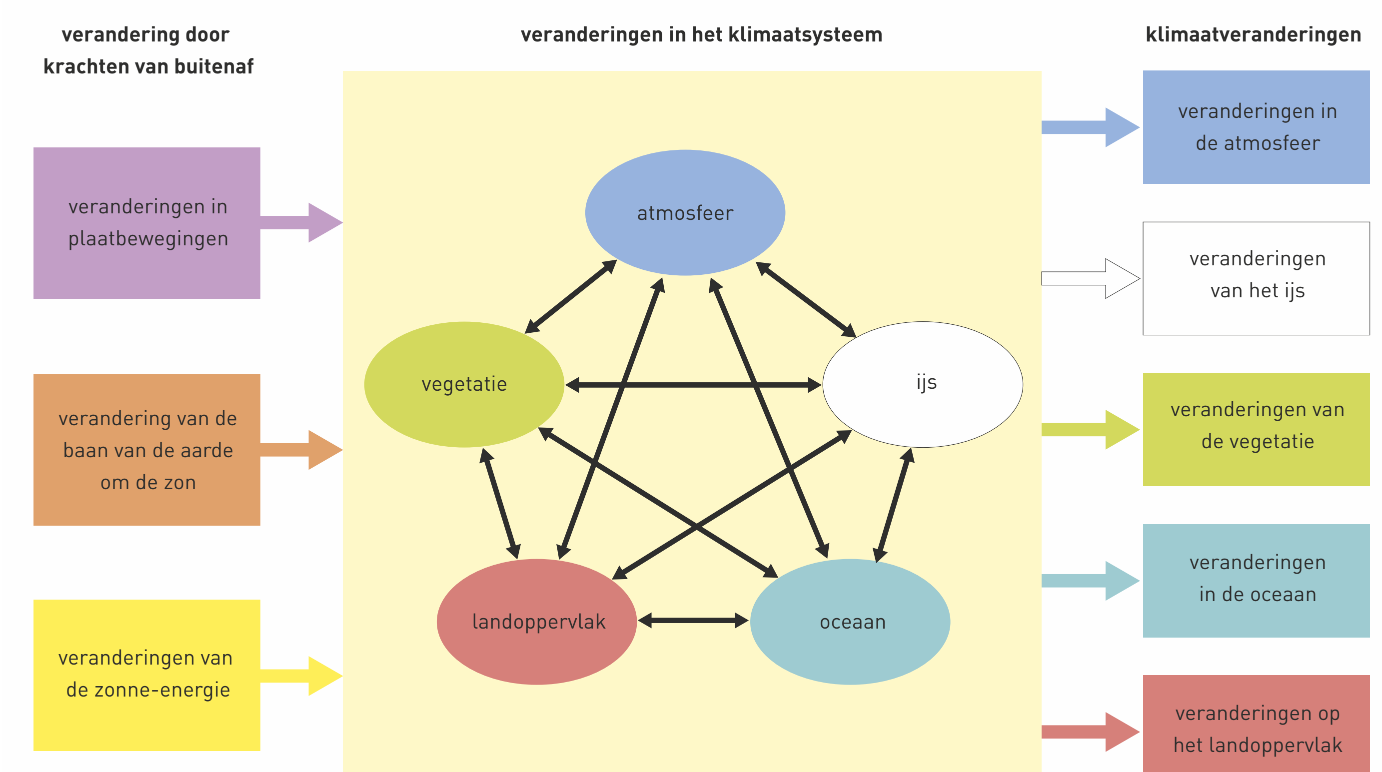
Voorwaarden

▶ Wetenschappers die klimaatveranderingen bestuderen, gaan ervan uit dat de afwisseling van klimaten ontstaat door een ingewikkeld samenspel van meerdere factoren die zich afspelen op verschillende tijdschalen. Van buitenaf zijn er drie grote factoren die aanzet kunnen geven tot een verandering van het klimaat.
● Allereerst moet er aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan voordat er een verandering kan optreden. Dit worden de conditionele factoren genoemd. De ligging van de continenten en het verschuiven hiervan als gevolg van platen-tektoniek is waarschijnlijk de belangrijkste factor. De aardkorst is niet één geheel, maar bestaat uit allerlei stukken, platen genaamd. Deze platen bewegen met centimeters per jaar naar elkaar toe, van elkaar af of langs elkaar. De zeer langzame beweging van de platen is op zeer lange termijn (miljoenen jaren) verantwoordelijk voor klimaatverandering.
● De grote temperatuurschommelingen tijdens de laatste 2,5 miljoen jaar zijn geen rechtstreeks gevolg van de verschuiving van continenten. Variaties in de baan van de aarde om de zon en in de stand van de aardas dragen daar wél aan bij. Deze variaties leiden niet tot een verandering in de hoeveelheid zonnestraling die de aarde ontvangt, maar beïnvloeden wel de verdeling van de hoeveelheid straling over zomer en winter en over oceanen en continenten. Deze variaties vormen een belangrijk sturend mechanisme in het ontstaan van ijstijden.

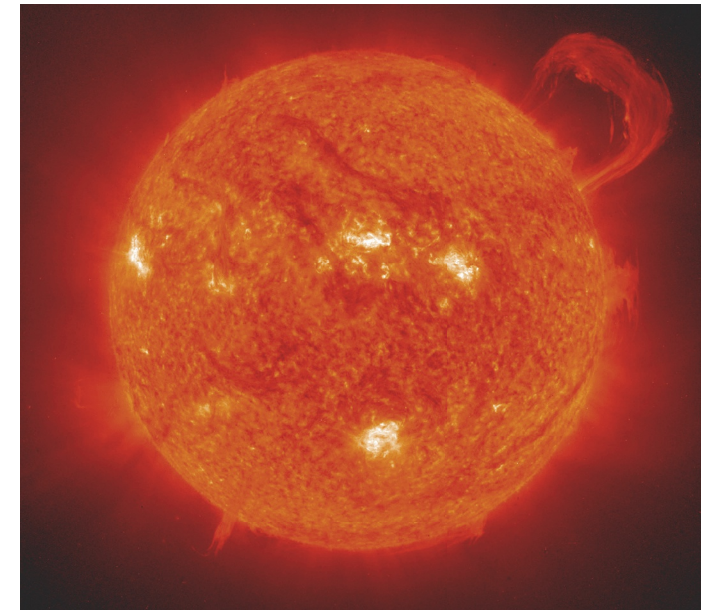
> conditionele factoren
> sturend mechanisme



Figuur 1.19 Factoren die het klimaat bepalen.



Figuur 1.20 Oorzaken en gevolgen van klimaatverandering.



Figuur 1.21 Zonnevlekken.

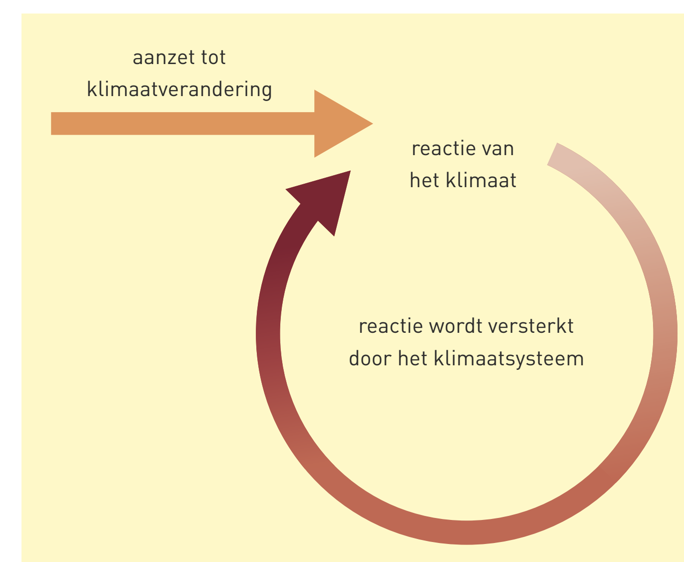
● De derde externe factor is de variatie in de hoeveelheid zonne-energie die de aarde ontvangt. Op redelijk korte termijn is er sprake van een verandering in zonnevlekken. Dit zijn de donkere vlekken die je ziet als je de zon bestudeert. Hun aantal is niet constant en varieert met een regelmaat van elf en honderd jaar. Is het aantal zonnevlekken laag, dan is de temperatuur aan het oppervlak van de zon 4.000 °C in plaats van 6.000 °C. Als gevolg hiervan varieert ook de temperatuur op aarde. In de twintigste eeuw was het aantal zonnevlekken maximaal, maar in deze eeuw zal er weer een minimum optreden. Deze theorie is overigens nog niet bewezen.

Versterking of verzwakking?

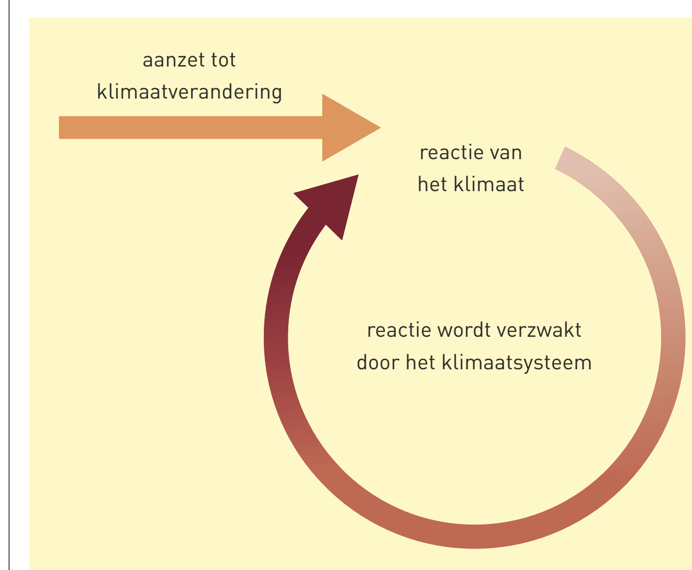
▶ Als je het klimaat als een systeem beschouwt, zijn de terugkoppelingsmechanismen daarbinnen belangrijk. Bij een positieve terugkoppeling wordt de klimaatverandering door de werking van het systeem versterkt, bij een negatieve terugkoppeling wordt deze juist afgezwakt (figuur 1.22 en 1.23).

● Als het zee-ijs van de Noordpool smelt, wordt het albedo-effect minder. De vrijkomende zee zal daardoor steeds meer warmte opnemen. Dit heeft tot gevolg dat er weer meer ijs afsmelt en de opwarming wordt versterkt. Er is hier dus sprake van een positieve terugkoppeling.

● Een voorbeeld van een negatieve terugkoppeling is te zien in de film 'The Day after Tomorrow'. Door de opwarming van de aarde blokkeert de diepwaterpomp bij Groenland. De Golfstroom stopt en Noordwest-Europa krijgt geen aanvoer meer van warm water. Het weer op het noordelijk halfrond raakt van slag en Europa glijdt weg in een ijstijd.

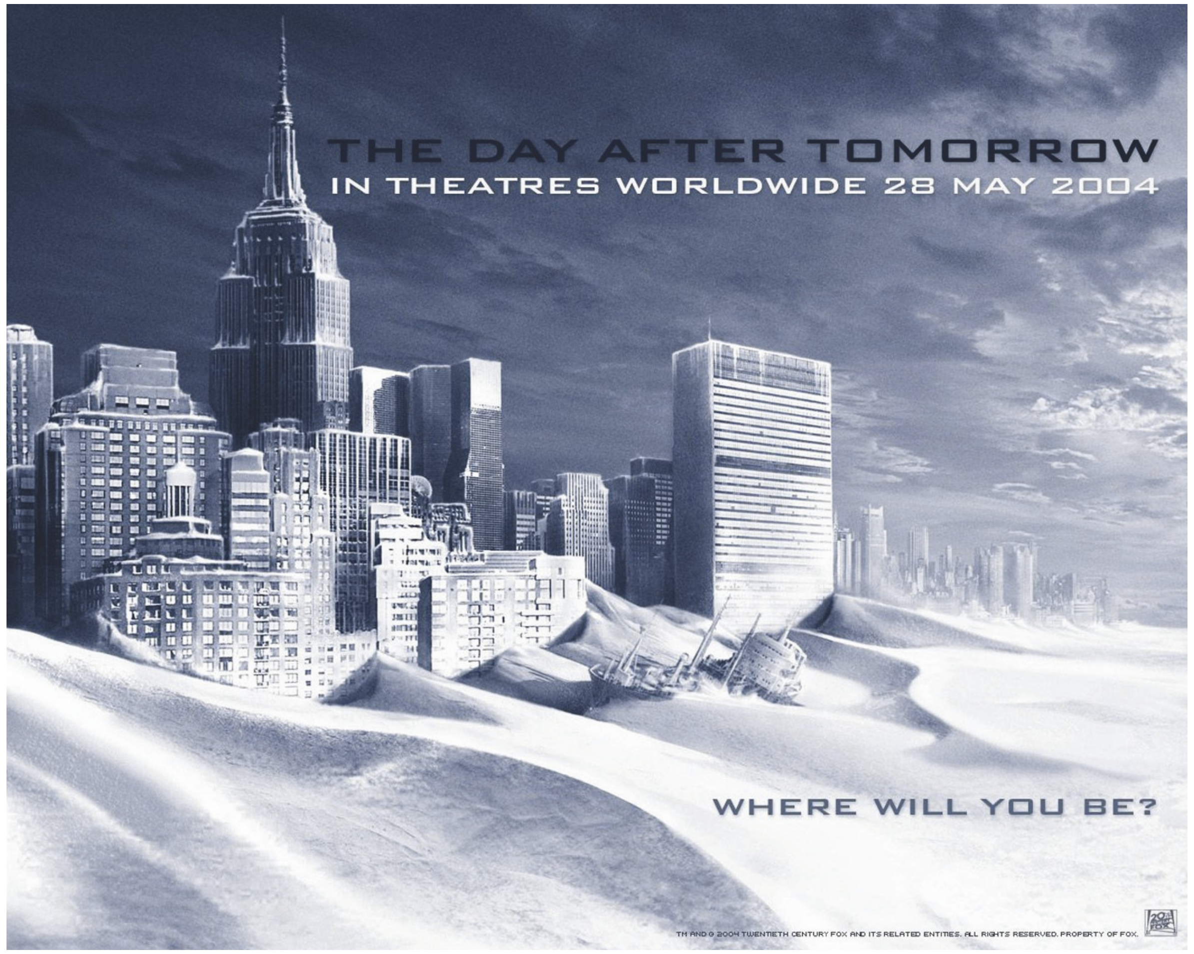


Figuur 1.22 Schematische weergave van een positieve terugkoppeling.



Figuur 1.23 Schematische weergave van een negatieve terugkoppeling.

> terugkoppelingsmechanismen



Figuur 1.24 Filmposter van 'The Day after Tomorrow'.

Opdrachten 1.4

Deelvraag
8 Waarom treden er klimaatveranderingen op?

Opdracht 29 K
Bestudeer paragraaf 1.4.

Opdracht 30 Vergelijken K
Bekijk figuur 1.19.

a Welke begrippen uit figuur 1.19 passen bij de volgende omschrijvingen?
- verdamping van open water;
- het uiteenvallen van hard gesteente onder invloed van atmosferische processen;
- het wegduiken van een aardschol onder een andere aardschol.

b Vergelijk deze figuur met figuur 1.1. Welke van de twee figuren vind je het duidelijkst? Licht je keuze toe.

Opdracht 31 Reactiesnelheid I

a De verschillende onderdelen van het klimaatsysteem (zoals weergegeven in figuur 1.20) reageren niet allemaal even snel op veranderingen. In W18 zie je een aantal componenten staan. Neem dit schema over in je schrift. Noteer achter elke component in de kolom Reactiesnelheid op welke termijn zij op veranderingen reageren. Kies uit:
- dagen tot maanden;
- 10 tot 100 jaar;
- uren tot weken;
- weken tot jaren;
- 100 tot 1.500 jaar;
- uren tot maanden;
- 100 tot 100.000 jaar.

b Bedenk voorbeelden van reacties van de verschillende componenten en noteer deze in de laatste kolom.

Online extra
Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.

W18 Reactiesnelheid.

Component	Reactiesnelheid	Voorbeeld
Atmosfeer	...	... – hittegolf
Landoppervlak	...	...
Oceaanoppervlak	...	– zomerse opwarming bovenste meter(s)
Zee-ijs	...	...
Gletsjers	...	...
Diepe oceaan	...	– verversen diep-watervoorraden
Landijs	...	...

Opdracht 32 Terugkoppeling I
Hogere temperaturen kunnen leiden tot (in willekeurige volgorde):
- meer wolken;
- grotere terugkaatsing van zonlicht;
- minder terugkaatsing van zonlicht;
- minder sneeuwbedekking;
- meer verdamping van oceaanwater.

a Bepaal met gebruik van elementen uit het lijstje hierboven een oorzaak-gevolg relatie:
hogere temperatuur ⟶ a ⟶ b ⟶ verdere stijging van de temperatuur.

b Gebruik elementen uit het lijstje om een terugkoppeling op te stellen:
hogere temperatuur ⟶ c ⟶ d ⟶ e ⟶ kouder.

c Is bij vraag a sprake van een negatieve of een positieve terugkoppeling?

d Is bij vraag b sprake van een negatieve of een positieve terugkoppeling?

Opdracht 29 Terugblik op paragraaf 1.4
Gebruik figuur 1.19.
Leid hieruit zelf een positieve en een negatieve terugkoppeling voor een klimaatverandering af.

Afsluiting

Slotopdracht

In dit hoofdstuk heb je ongeveer 25 nieuwe begrippen geleerd. Aan het eind van de 'Afsluiting' staan ze bij elkaar.

a Verdeel de nieuwe begrippen in drie of vier groepen en geef elke groep een naam.

b Maak voor elke groep een begrippenweb.

Leeroverzicht

Na bestudering van dit hoofdstuk en het maken van de opdrachten:

- ❍ ken je de begrippen van dit hoofdstuk;
- ❍ kun je de deelvragen en de hoofdvraag beantwoorden;
- ❍ ken je het verschil tussen weer en klimaat;
- ❍ ken je de opbouw en de samenstelling van de atmosfeer;
- ❍ weet je wat de stralingsbalans (energiebalans) is en waarom deze varieert;
- ❍ kun je de factoren noemen en toelichten die verantwoordelijk zijn voor de temperatuurverschillen op aarde;
- ❍ kun je vier oorzaken noemen voor het verschil in opwarming tussen land en zee;
- ❍ kun je de belangrijkste windsystemen op aarde benoemen, beschrijven en verklaren;
- ❍ kun je een beschrijving geven van de zeestromen op aarde;
- ❍ ken je de invloed van zeestromen op het klimaat en kun je deze verklaren;
- ❍ kun je uitleggen wat er tijdens een El Niño en een La Niña situatie gebeurt;
- ❍ kun je aangeven hoe de componenten atmosfeer, lithosfeer en hydrosfeer afzonderlijk en in samenhang bijdragen tot het klimaatsysteem.

Begrippen

albedo, atmosfeer, biosfeer, broeikaseffect, conditionele factoren, corioliskracht, diepwaterpomp, El Niño, energiebalans, hogedrukgebied, hydrosfeer, klimaat, lagedrukgebied, la Niña, lithosfeer, luchtdruk, mesosfeer, moesson, passaat, stralingsbalans, stratosfeer, sturend mechanisme, temperatuurgradiënt, terugkoppelingsmechanisme, thermohaline circulatie, thermosfeer, troposfeer, weer

Extra Casus Overstromingen op Java

In deze casusopdracht bekijk je een actueel aardrijkskundig vraagstuk kritisch vanuit verschillende dimensies. Je richt je op de vraag waarom het eiland Java jaarlijks wordt getroffen door overstromingen, meestal in de periode tussen september en maart. Bovendien leer je om verschillende soorten geografische vragen te stellen.

Voor je met deze opdracht begint, lees je achter in dit boek in het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' onder 4C de tekst over 'Het bekijken van verschijnselen of gebieden vanuit verschillende dimensies' en onder 2 de tekst over 'Soorten aardrijkskundige vragen'. Je maakt deze opdracht alleen. Je bent er ongeveer 50 minuten mee bezig.

Opdracht 1

Lees W19 door.

W19 Overstromingen op Java.

Door een onzer redacteuren

Rotterdam, 4 januari 2009 – Van 200 inwoners van het dorpje Cijeruk op Midden-Java wordt gevreesd dat zij zijn omgekomen toen hun huizen vanmorgen werden bedolven onder een modderstroom. Rond zonsopkomst stortte een lawine van grond, modder en meegesleept materiaal van de helling waartegen Cijeruk is gebouwd. De lawine verwoestte zeker honderd huizen terwijl de inwoners lagen te slapen of in de moskee waren voor het ochtendgebed. De moskee is volledig tegen de vlakte geslagen, verklaarde de politie van het nabijgelegen stadje Banjarnegara. Van 500 van de 722 inwoners is bekend dat ze de aardverschuiving, die het gevolg was van hevige regenval, hebben overleefd. Vanmorgen hadden reddingswerkers zestien lichamen geborgen. Het Indonesische regenseizoen, dat duurt van september tot en met maart, heeft deze week ook in het oosten van Java modderstromen en overstromingen veroorzaakt. Honderden reddingswerkers en militairen proberen met behulp van graafmachines Kemiri en enkele andere dorpjes rond het stadje Jember die van de buitenwereld zijn afgesloten, te bereiken. Zondag ontstonden modderstromen en trad een rivier in hoog tempo buiten zijn oevers na dagen van zware regen. Vanmorgen waren er rond Kemiri 71 doden bekend, onder wie twee reddingswerkers die zijn meegesleurd door het water.

Oorzaken van de ramp

Op het Indonesische eiland valt 3,5 keer zoveel regen als in Nederland, het merendeel daarvan in de periode van november tot en met februari. Jaarlijks zijn er op Java overstromingen en landverschuivingen als gevolg van verzadigde grond. Doorgaans maken ze echter niet zoveel slachtoffers als nu. Volgens officiële gegevens zijn er bij de 32 grootste landverschuivingen die de afgelopen eeuw in Indonesië zijn geregistreerd, 1.750 doden gevallen. Veel van de landverschuivingen op Java worden toegeschreven aan ontbossing. De snel groeiende bevolking kapt steeds grotere oppervlaktes voor de aanleg van rijstvelden, koffieplantages en groentetuinen, ook op de voor overstroming gevoelige rivierbeddingen en de berghellingen, met het risico op grote erosie. In sommige dorpen op Midden-Java bestaat meer dan de helft van het grondgebied uit groentetuinen. In het gebied rond Kemiri moesten de bossen in de afgelopen jaren vooral wijken voor koffieplantages.

De Wereldbank schat dat jaarlijks twee miljoen hectare Indonesisch bos verdwijnt, vooral vanwege de uitbreiding van landbouwareaal en de handel in tropisch hardhout. Door een gebrek aan diep vertakte boomwortels trekt regenwater minder goed in de bodem en spoelt de bovenlaag van de bodem makkelijker weg. Bij langdurige, intensieve regenval kan zo een aardverschuiving ontstaan. Op oppervlakten waar vegetatie bijna of helemaal is verdwenen, wordt

afstromend water minder in snelheid geremd en neemt het daardoor meer grond mee.

Erosie: door de mens en door de natuur zelf
Geologen van de Universiteit van Michigan hebben vorig jaar berekend dat de mens tien keer zoveel erosie veroorzaakt als de natuur, vooral door landbouw en bebouwing. Het natuurlijke proces van erosie verloopt langzaam. Volgens het Amerikaanse onderzoek heeft de natuur in de afgelopen 500 miljoen jaar gemiddeld over de hele aarde twintig meter bodemmateriaal per miljoen jaar geërodeerd. Die is door natuurlijke bodemvorming even snel weer aangevuld. De huidige menselijke activiteit heeft de erosie opgestuwd tot 500 meter per miljoen jaar. Dat kan de natuur niet bijbenen. Herbebossing blijkt in de praktijk niet altijd de juiste oplossing. Overheden en ontwikkelingsorganisaties planten bomen om zo de vruchtbare bovenlaag van landbouwgronden te beschermen en om verdere kap te voorkomen. Vaak worden projecten opgezet waarbij de lokale bevolking op een gecontroleerde manier de bomen kapt en nieuwe aanplant.

Erosie door herbebossing
Afgelopen zomer concludeerden Britse onderzoekers dat herbebossing erosie ook kan bevorderen. Vaak worden snelgroeiende soorten zoals pijnbomen en eucalyptus gebruikt, die snel nieuw hout leveren. Nadeel van die soorten is dat ze veel water verdampen. Volgens de berekeningen van de onderzoekers is het risico groot dat de bodem juist verder uitdroogt – en dus kwetsbaarder is voor erosie – als die soorten in de tropen worden aangeplant.

Opdracht 2
Gebruik GB 194B en D.
- a Welke wind is verantwoordelijk voor de grote hoeveelheid neerslag op Java in de periode oktober tot februari?
- b Welke drie soorten massabewegingen worden in het artikel te pas en te onpas door elkaar gebruikt?

Opdracht 3
De massabeweging wordt verklaard vanuit een natuurlijke en een sociaal-economische dimensie.
- a Maak een oorzaak-gevolgrelatie die de natuurlijke dimensie weergeeft.
- b Welke sociaal-economische factoren worden in het artikel als oorzaken van ontbossing genoemd?
- c De journalist van het stukje is blijkbaar geen (goede) geograaf, want hij goochelt behoorlijk met de verschillende schaalniveaus. Licht dit toe met een voorbeeld.

Opdracht 4
- a Reken met behulp van de getallen uit het rapport van de Universiteit van Michigan uit met welke factor erosie door menselijke activiteiten de erosie door natuurlijke oorzaken overtreft.
- b Waarom leidt herbebossing met pijnbomen en eucalyptus tot een negatief terugkoppelingseffect?

Opdracht 5
Lees achter in dit boek in het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' onder 2 de theorie over 'Soorten aardrijkskundige vragen'.
Stel nu dat je na het lezen van het artikel wordt uitgenodigd om een aardrijkskundig onderzoek naar het probleem te doen. De hoofdvraag van je onderzoek is gegeven. Deze luidt: Welke oplossingen zijn er voor de jaarlijks terugkerende modderstromen op Java?
- a Wat voor type vraag is dit?
- b Stel zelf twee beschrijvende, twee verklarende en één waarderende deelvraag op die van de hoofdvraag kunnen worden afgeleid.
- c Wat zou je volgende stap in het onderzoek moeten zijn?

Proeftoets

Extra toets
Je kunt bij dit hoofdstuk ook een proeftoets maken op www.degeo-online.nl.

Opgave 1 Makkelijk beginnen

1 Van welke begrippen zijn de volgende zinnen een omschrijving?
- A De verhouding tussen de kortgolvige instraling (zonlicht) op aarde, de naar het heelal teruggekaatste straling en de langgolvige uitstraling (warmte) van de aarde.
- B Deel van de atmosfeer dat zich uitstrekt van 20 à 25 kilometer hoogte tot ongeveer 50 kilometer hoogte.
- C De randvoorwaarden waaraan moet worden voldaan voordat een bepaalde gebeurtenis kan plaatsvinden.
- D Het gedeelte van de aarde dat uit water bestaat.
- E Het aantal graden Celsius (°C) temperatuurverandering over 100 m hoogteverandering in de dampkring of de aardkorst.

Opgave 2 Energiebalans
Gebruik bron 1.

2 Neem de cijfers 1 t/m 7 over op je antwoordblad en zet er de juiste omschrijving achter.
Kies uit:
- geabsorbeerd door wolken (4%);
- verloren in ruimte (69%);
- gereflecteerd door wolken (17%);
- teruggekaatst als langgolvige straling (14%);
- verloren in ruimte (31%);
- gereflecteerd door aardoppervlak (6%);
- geabsorbeerd door gassen (19%).

Opgave 3 Vulkanisme en invloed ervan op het klimaat
Grootschalige vulkanische activiteit heeft invloed op de gemiddelde temperatuur op aarde. Deze invloed is op korte termijn (een tot twee jaar) echter heel anders dan op lange termijn (duizenden tot miljoenen jaren).

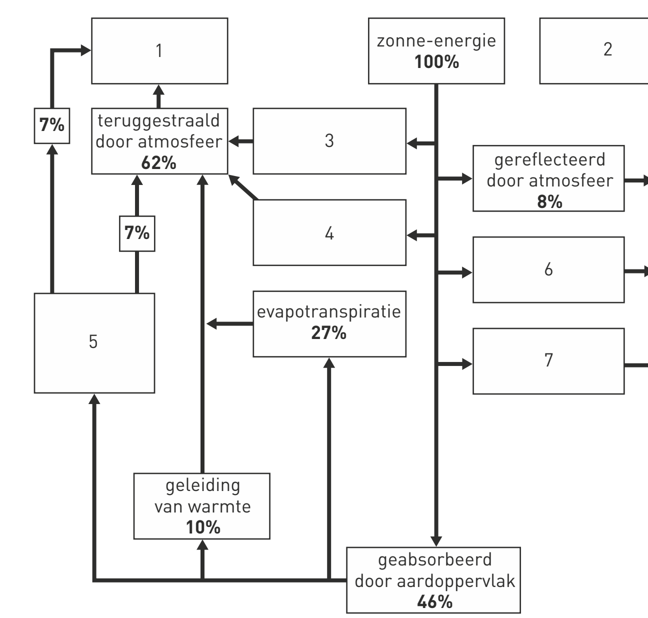
3 Wat is op korte termijn de invloed van vulkanisme op de temperatuur op aarde?

4 Geef hiervoor ook de verklaring.
Je verklaring moet een situatiebeschrijving en een algemene regel bevatten.

5 Wat is op lange termijn de invloed van vulkanisme op de temperatuur op aarde?

6 Geef hiervoor ook de verklaring.
Je verklaring moet een situatiebeschrijving en een algemene regel bevatten.

Bron 1 Gemiddelde jaarlijkse energiebalans voor het aardatmosfeersysteem.

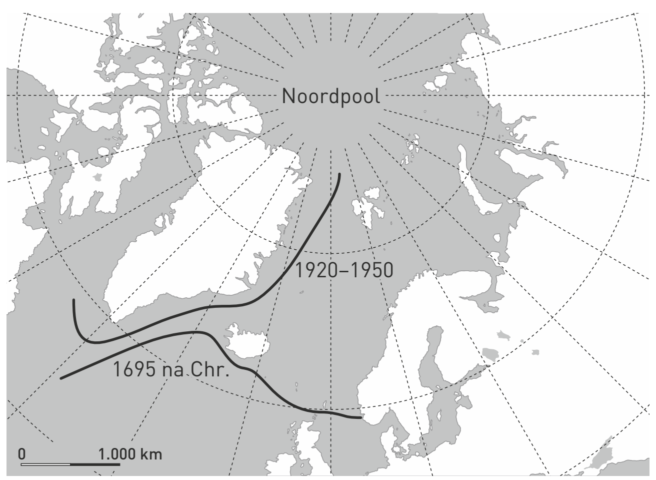


Opgave 4 Grote gevolgen
Gebruik GB 196 en bron 2.

7 Murmansk, gelegen ten noorden van de poolcirkel op 69° N.B., heeft een ijsvrije haven. Direct ten noordoosten van New York, dat op 45° N.B. ligt, zijn herhaaldelijk ijsbergen te zien.
Verklaar deze paradoxale situatie.

8 Verklaar met behulp van bron 2 waarom aan het eind van de zeventiende eeuw in Schotland vier van de vijf oogsten mislukten, waardoor ongeveer de helft van de bevolking stierf.

Bron 2 Limieten van poolwater in de historie.



—— grenzen van poolwater in de historie

Opgave 5 ITC
Gebruik bron 3.

9 Van welke periode laat bron 3 de ligging van het ITC zien?
Kies uit:
- juni/juli;
- december/januari;
- maart/september.

10 Waarom is de verschuiving van het gebied met de laagste luchtdruk rond de evenaar niet overal gelijk?

11 Het gebied met de laagste luchtdruk rond de evenaar ligt bij de oceanen het hele jaar ten noorden van de evenaar. Waar wijst dit op?

12 Teken en benoem de winden in bron 3 die waaien in de omgeving van het gebied met de laagste luchtdruk.

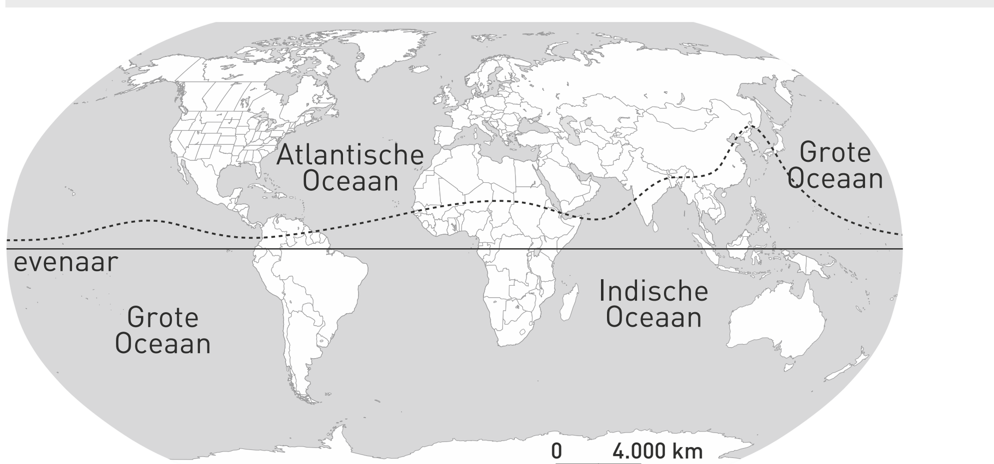
Opgave 6 Thermohaline circulatie
Gebruik GB 196A.

13 Verklaar het begrip thermohaline circulatie.

14 De 'motor' van de circulatie ligt in het noorden van de Atlantische Oceaan. Welke twee processen vinden hier plaats?

15 Leg uit waarom het afsmelten van de gletsjers op Groenland versneld kan leiden tot een nieuwe ijstijd in Europa.
Je antwoord moet een oorzaak-oorzaak-gevolgketen bevatten.

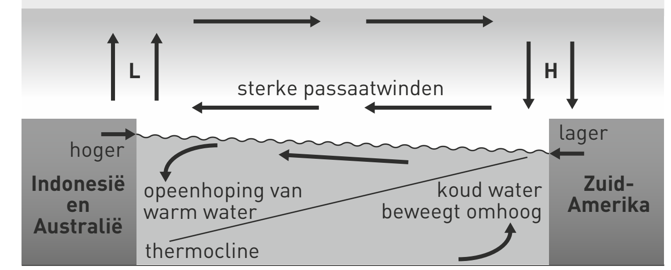
Bron 3 Het gebied met de laagste luchtdruk rond de evenaar.



Opgave 7 El Niño
Gebruik bron 4 en de atlas.

De temperatuur van het oceaanoppervlak heeft een grote invloed op het ontstaan van hoge- en lagedrukgebieden boven de Grote Oceaan. GB 194B toont de luchtdrukverdeling in januari.

Bron 4 El Niño.



16 Geef in vier stappen de verklaring voor het op deze kaart getoonde verschil in luchtdruk tussen Indonesië en de westkust van Zuid-Amerika.
(Tip: Vergelijk de situatie van het oceaanwater bij Indonesië en de westkust van Zuid-Amerika. Geef op basis van die situatiebeschrijving de algemene regels waarmee je de luchtdruk in beide gebieden kunt verklaren.)

Tijdens een El Niño stroomt het warme water gedeeltelijk terug richting Zuid-Amerika. De verplaatsing van dit warme water zorgt ervoor dat de oostelijke passaatwinden worden afgezwakt.

17 Leg uit waardoor de verplaatsing van het warme water leidt tot het afzwakken van de oostelijke passaatwinden.
Je uitleg moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.

In een normale situatie (niet-El Niño situatie) is het westelijke kustgebied van Zuid-Amerika erg droog.

18 Geef twee oorzaken voor de droogte aan de westkust van Zuid-Amerika in een normale situatie.

Uit onderzoek is gebleken dat de effecten van een El Niño bij een warmer wordend klimaat niet veel zullen veranderen. Zo zal een temperatuurverhoging van het oceaanwater via een terugkoppelingsmechanisme in de atmosfeer worden tegengewerkt, waardoor de temperatuurafwijking zichzelf minder lang in stand kan houden. Een eerste stap in dit terugkoppelingsmechanisme is het verdampen van meer water uit de oceaan bij hogere temperaturen.

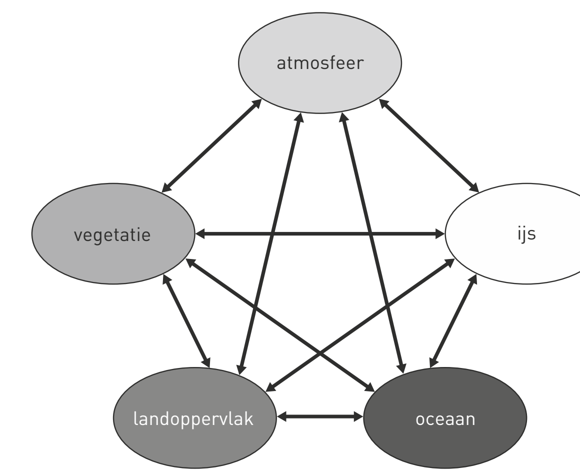
19 Beredeneer hoe de tweede en de derde stap van dit terugkoppelingsmechanisme zouden kunnen werken.

Opgave 8 Externe krachten
Gebruik bron 5.

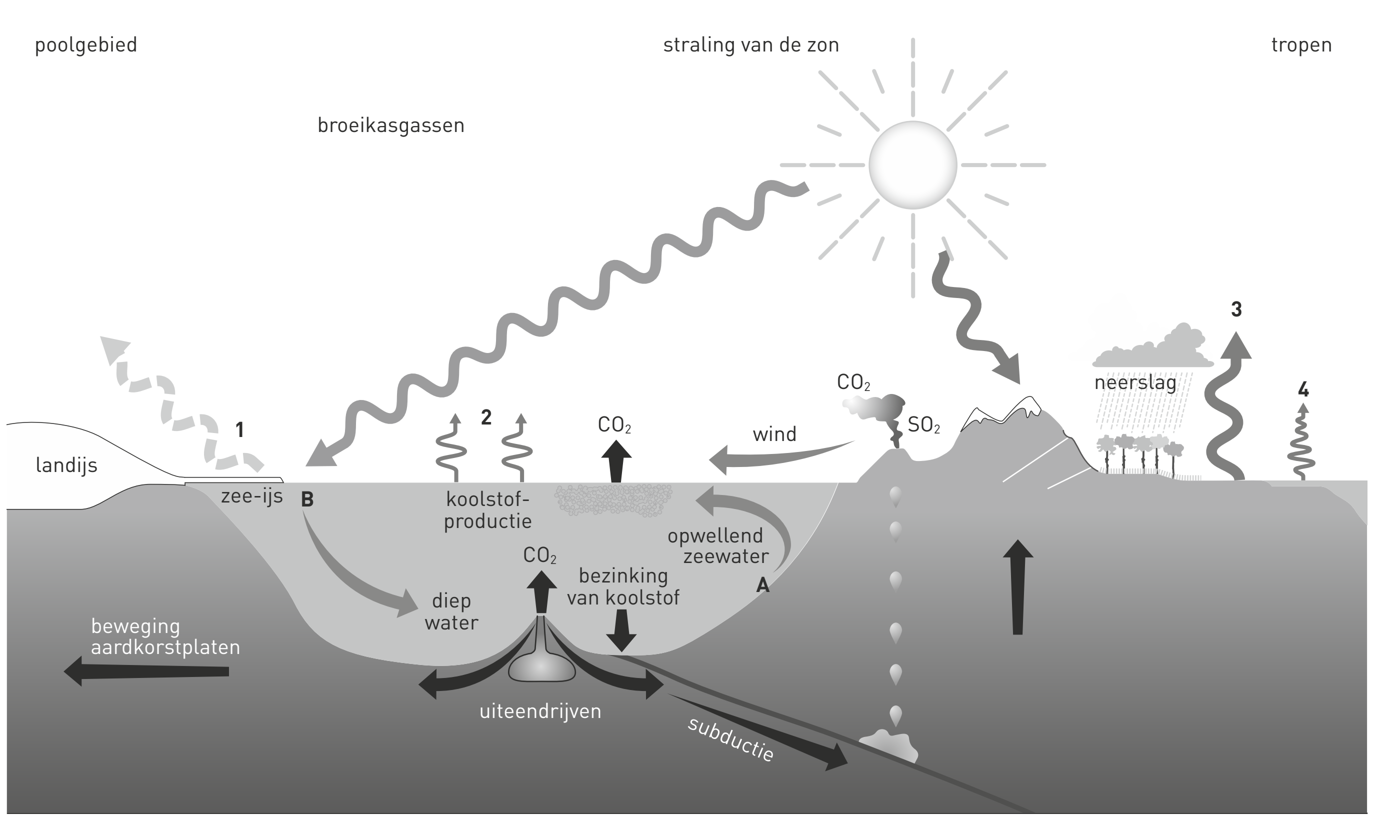
25 Welke drie externe krachten zijn van invloed op het klimaatsysteem? Geef voor elke kracht aan hoe deze van invloed is op één of meer elementen van het klimaatsysteem.

26 Platentektoniek heeft invloed op alle elementen van het klimaatsysteem. Geef voor elk element een voorbeeld.

Bron 5 Veranderingen in het klimaatsysteem.



Bron 6 Klimaatsysteem.



Opgave 8 Begrippen invullen

Gebruik bron 6.

20 Welke begrippen horen bij de cijfers 1 t/m 4?
Kies uit: reflectie, uitstraling, verdamping, warmtegeleiding.

Opgave 9 Terugkoppeling

Gebruik bron 6.

21 Welk effect heeft zee-ijs op de stralingsbalans?

22 Zorgt het zee-ijs voor een positieve of een negatieve terugkoppeling van de temperatuur in de atmosfeer? Licht je antwoord toe.

Opgave 10 Wisselwerking

Gebruik bron 6.

Sommige onderzoekers veronderstellen dat de wisselwerking tussen atmosfeer en vegetatie een negatieve terugkoppeling voor klimaatverandering inhoudt.

23 Welke redenering kan hier gelden?

Andere onderzoekers veronderstellen dat er een positieve terugkoppeling bestaat tussen atmosfeer en vegetatie.

24 Welke redenatie zal hier gevolgd worden?

Begrippen hoofdstuk 1

Albedo 13
Het deel van het naar een hemellichaam gestraalde licht dat dit hemellichaam weer terugzendt.

Atmosfeer 11
Het geheel aan gasvormige stoffen die het vaste en vloeibare deel van de aardkorst omringen.

Biosfeer 11
Het gedeelte van de aarde waarin het aardse leven voorkomt.

Broeikaseffect 11
Temperatuurstijging van het onderste deel van de atmosfeer.

Conditionele factoren 35
De randvoorwaarden waaraan moet worden voldaan voordat een bepaalde gebeurtenis kan plaatsvinden.

Corioliskracht 19
Kracht waardoor een luchtmassa die langs het aardoppervlak beweegt, een afwijking krijgt.

Diepwaterpomp 27
Het thermohaline circulatiesysteem in de oceaan waarbij warm water uit de tropische streken aan de oppervlakte naar het noorden wordt gestuwd en het water via de diepte van de oceanen teruggaat.

El Niño 29
Een periode waarin warm water zich ter hoogte van de evenaar langs de kust en over een groot deel van de Stille Oceaan uitstrekt.

Energiebalans (of stralingsbalans) 13
De optelsom van de kortgolvige instraling (zonlicht) op aarde, de naar het heelal teruggekaatste straling en de langgolvige uitstraling (warmte) van de aarde.

Hogedrukgebied 18
Gebied waar het gewicht van de kolom lucht boven aarde groot is.

Hydrosfeer 11
Gedeelte van de aarde dat uit water bestaat.

Klimaat 11
De gemiddelde toestand van het weer over een lange periode en voor een groot gebied.

Lagedrukgebied 18
Gebied waar het gewicht van de kolom lucht boven aarde gering is.

La Niña 31
Periode waarin de zeewatertemperatuur in het midden van de Stille Oceaan lager is dan normaal.

Luchtdruk 18
De druk die de lucht door zijn gewicht op het aardoppervlak uitoefent.

Mesosfeer 12
Deel van de atmosfeer op 50 tot 90 kilometer hoogte.

Moesson 21
Land- of zeewind die elk half jaar (ongeveer 180°) van richting verandert.

Passaat 21
Relatief droge wind die het hele jaar uit oostelijke richting van de subtropische hogedrukgebieden naar de evenaar waait.

Stralingsbalans 13
Zie 'Energiebalans'.

Stratosfeer 12
Deel van de atmosfeer dat zich uitstrekt van 20 à 25 kilometer hoogte tot ongeveer 50 kilometer hoogte.

Sturend mechanisme 35
Factor die bijdraagt aan een gebeurtenis, maar die niet de randvoorwaarde ervoor is.

Temperatuurgradiënt 12
Het aantal graden Celsius (°C) temperatuurverandering over 100 m hoogteverandering in de dampkring of de aardkorst.

Terugkoppelingsmechanisme 38
Als een verandering tot (een keten van) gevolgen leidt. Sommige gevolgen versterken de situatie (positieve terugkoppeling), andere gevolgen werken de verandering tegen (negatieve terugkoppeling).

Thermohaline circulatie 27
Oceaanstroming die wordt aangedreven door de dichtheidsverschillen van het zeewater.

Thermosfeer 12
Het hoogste deel van de atmosfeer.

Troposfeer 12
Onderste laag van de atmosfeer waarin de weersverschijnselen zich afspelen.

Weer 11
De toestand van de dampkring op een bepaald moment en voor een klein gebied.

Zeestroom 25
Waterstroming in oceanen en zeeën.



2 Klimaatverandering is niets nieuws! SE

Alaska Een ijskast verkopen aan een eskimo

Taqukaq is wat men in de Verenigde Staten een 'native Alaskan' noemt. Zelf wordt hij liever aangeduid met het woord Inuit, dat mens betekent. Hij woont in het dorpje Kivalina, een nederzetting van 400 mensen, die ligt op een landtong in de Noordelijke IJszee.
Het woord klimaatverandering kent hij niet, maar volgens hem is de natuur in de war. 'De laatste jaren is het warmer geworden op de pool. We merken het bij het jagen op ijsberen, walvissen en kariboes. Het jachtseizoen is korter geworden. Niet lang geleden zijn twee jagers al in juni door het ijs gezakt en verdronken. Vroeger werd het ijs pas in juli onbetrouwbaar,' vertelt hij.
Tot een paar jaar geleden lag hier het metersdikke zee-ijs van de Noordpool. Nu wordt zijn dorp omgeven door een klotsende zee van zout water. 'Vlees dat over was, lieten we vroeger gewoon buiten liggen, het bevroor toch wel. Nu de temperaturen stijgen, willen we diepvrieskisten kopen om ons vlees te bewaren. Dat is nodig als we nog maar een paar keer per jaar kunnen jagen.'

Oriëntatie

Inleiding
De laatste jaren wordt er veel geschreven en gepraat over het klimaat. Het is aan het veranderen en de vraag is wat dat voor Nederland betekent. Komt Amersfoort aan zee te liggen en wordt 'chateau Breda' een bekende wijn? Terechte vragen als je de klimaatveranderingen binnen een korte tijdspanne bekijkt, maar wellicht minder belangrijk op veel langere termijn. De geologische geschiedenis laat zien dat het klimaat al miljoenen jaren aan grote veranderingen onderhevig is.

Hoofdvraag
Wat zijn de oorzaken van enkele grote klimaatveranderingen die de aarde heeft gekend?

Deelvragen
1. Wat is het verband tussen de woestijnaarde uit het Perm en de platentektoniek?
2. Waarom heeft Nederland de aardgasvoorraden en het zout te danken aan de woestijnaarde?
3. Waarom was er tijdens het Krijt sprake van een broeikasaarde?
4. Waardoor kwam er een abrupt einde aan de broeikasaarde?
5. Wat zijn de sturende mechanismen achter de ijstijden in het Pleistoceen?
6. Hoe worden klimaatveranderingen uit het verleden gereconstrueerd?

Opdracht 1
Om een eerste indruk te krijgen van dit hoofdstuk, bekijk je in de theoriegedeelten:
- de indeling aan de hand van de paragraaftitels en de tussenkopjes;
- de inleiding van het hoofdstuk;
- de figuren met de bijschriften.

Opdracht 2 Geologische tijdtafel K/I
Bekijk GB 192E.
a Hoe oud is de aarde?
b Waarom begint deze geologische tijdtafel 'pas' bij 600 miljoen jaar geleden?
c In welke twee perioden kun je het Kenozoïcum verdelen?
d In welke tijdvakken valt het Kwartair uiteen?

Opdracht 3 Endogene krachten K
a Welke uitspraken zijn goed?
  A De aarde is een gloeiende, hete bol met een aardkorst eromheen.
  B Endogene krachten werken van buitenaf op de aardkorst in.
  C De motor achter endogene krachten is het rondstromen van het magma.
b Langs de plaatranden is de aardkorst voortdurend in beweging. Welke drie uitspraken over deze bewegingen zijn juist?
  A De platen bewegen langs elkaar heen.
  B De platen duiken onder elkaar.
  C De platen schuiven vanaf de breuklijn van elkaar weg.

Opdracht 4 Koud en warm K
Zet de letters A t/m E onder elkaar en zet het bijbehorende tijdvak erachter (bijvoorbeeld A-IV).

A	Afwisseling van glacialen en interglacialen.	I	IJstijd.
B	Glaciaal.	II	Tussenijstijd.
C	Interglaciaal.	III	Holoceen.
D	Laatste interglaciaal.	IV	Kenozoïcum.
E	Tertiair en Kwartair samen.	V	Pleistoceen.

W1 Klimaatverandering heeft ook positieve gevolgen.

De gevolgen van de klimaatveranderingen zullen voor Nederland veel, maar niet alleen negatieve gevolgen hebben. Zo wordt het klimaat voor landbouw over het algemeen gunstiger en is een hogere temperatuur beter voor de gezondheid. Daarbij zal het klimaat voor toerisme in Nederland over tachtig jaar beter zijn dan dat in het zuiden van Spanje. Dat blijkt uit een onderzoek naar de gevolgen van klimaatverandering voor Nederland van het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), dat maandag aan de staatssecretaris van Milieu werd aangeboden.
De gevolgen van de wereldwijde klimaatverandering zijn nu nog nauwelijks waarneembaar in Nederland, zeggen de onderzoekers. Maar dat zal de komende decennia veranderen. Voorspeld wordt dat zich vaker extremen in het weer zullen voordoen. Het regent meer en rivieren moeten meer en warmer water afvoeren. De waterstanden stijgen. Hogere temperaturen hebben invloed op het gedrag van dieren; vogels broeden eerder en vlinders trekken steeds noordelijker. Over het algemeen is een hogere temperatuur goed voor de gezondheid, maar meer mensen zullen te maken krijgen met de ziekte van Lyme (veroorzaakt door teken) en de sterfte zal in extreem warme zomers toenemen.
Desondanks komt Nederland er relatief gunstig uit, aldus de onderzoekers. Voor andere landen, bijvoorbeeld rond de Middellandse Zee, zijn de gevolgen veel ernstiger. Nu al neemt de woestijnvorming in Spanje ernstige vormen aan.

Opdracht 5 Klimaatverandering in Nederland K

Lees de tekst in bron W1.

a Welke oorzaak ter verklaring van klimaatveranderingen is op dit moment zeer actueel?

b Bespreek de tekst met je buurvrouw/-man. Wat is jullie mening over de klimaatveranderingen die in W1 voor Nederland worden geschetst?



2.1 Woestijnaarde

Wereldleiders bijeen op top over klimaat

In een landelijk dagblad stond in oktober 2009 het volgende bericht. 'Het klimaat verandert. De ozonlaag wordt dunner, de ijskappen smelten en de zeespiegel stijgt. In Nederland wordt gewaarschuwd voor grote overstromingen. In Kopenhagen zijn de wereldleiders eind 2009 bij elkaar gekomen om afspraken te maken om de klimaatverandering tegen te gaan.' Klimaatveranderingen zijn zo oud als de aarde. Van drie extreme klimaten uit de geologische geschiedenis van de aarde – de woestijn-aarde, de broeikasaarde en de ijstijdaarde – kunnen we misschien leren voor de toekomst.

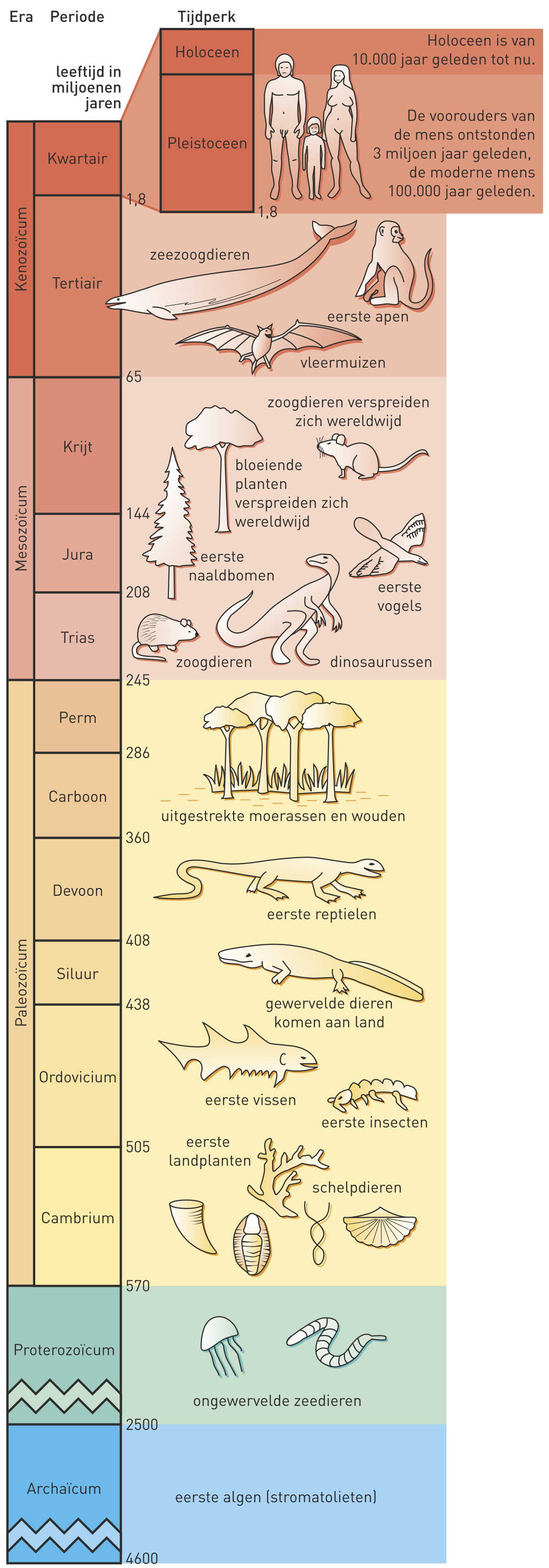
Perm

▶ We hebben veel informatie over het klimaat in het Perm, een geologische periode die grofweg duurde van 300 miljoen jaar tot 250 miljoen jaar geleden. Dit komt door fossielen- en gesteenteonderzoek en een reconstructie van de plaat-tektonische bewegingen. Sedimenten die in die tijd op de oceaanbodems zijn gevormd, kunnen via diepzeeboringen naar boven worden gehaald. Met name voor de tijd vanaf het Perm is het gelukt de ligging van de continenten te reconstrueren. Continentverschuiving en de daarmee gepaard gaande zeespiegelbewegingen zijn bepalend geweest voor het klimaat. Voordat je hier dieper op ingaat, moet je dus eerst het een en ander weten over de beweging van de schollen waaruit de aardkorst is opgebouwd.

Alfred Wegener

▶ In 1915 publiceerde de Duitser Alfred Wegener een boek waarin hij een idee van de Engelse wetenschapper Bacon uitbouwde. Niet alleen Afrika en Amerika pasten volgens hem in elkaar, alle continenten hadden in het verre verleden aan elkaar vast gezeten. Wegener noemde dit oercontinent Pangea en de oeroceaan die het omgaf Pantalassa (figuur 2.2). Pas in de jaren zestig van de vorige eeuw kwamen nieuwe feiten aan het licht. Door het later uiteenvallen van Pangea waren volgens hem de huidige continenten en oceanen gevormd. Wegener had bedacht dat Pangea bestond uit twee grote stukken: in het noorden Laurazië en in het zuiden Gondwana. Vandaag de dag zijn Europa, Azië en Noord-Amerika restanten van Laurazië; Zuid-Amerika, Afrika, India, Australië en Antarctica zijn overblijfselen van Gondwana. Hoewel hij talloze bewijzen voor zijn theorie had, kon Wegener niet verklaren waarom Pangea was opengebroken en waarom de continenten bewogen. Hij kon, met andere woorden, geen mechanisme achter de drift van de continenten vinden. De meeste geologen uit zijn tijd vonden zijn theorie daarom ook belachelijk. Wegener bleef gedurende zijn hele leven zoeken naar de drijvende kracht achter de continentale drift, maar tevergeefs.

> Pangea



Figuur 2.1 Geologische tijdschaal.



Figuur 2.2 Pangea, 250 miljoen jaar geleden.

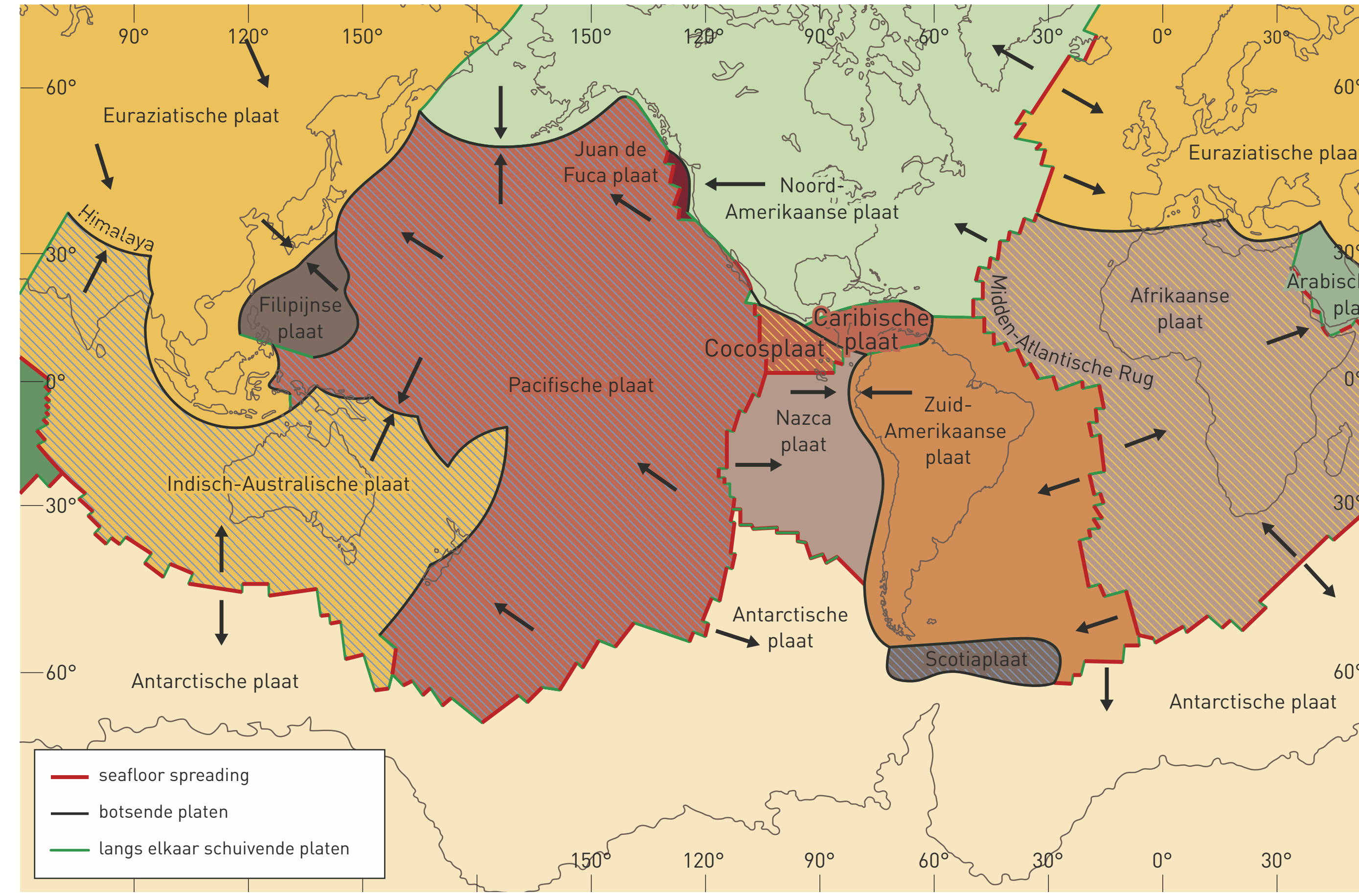
Pas in de jaren zestig van de vorige eeuw kwamen nieuwe feiten aan het licht.

Platentektoniek

▶ Al lang was bekend dat in het midden van de Atlantische Oceaan een gebergterug loopt, de Midden-Atlantische Rug, die zich uitstrekt van IJsland tot Antarctica. Pas halverwege de vorige eeuw werd duidelijk dat dit onderzeese gebergte niet uniek is, omdat zulke gebergtegordels ook in de andere oceanen liggen. Nader onderzoek van het gesteente dat van de oceaanbodem werd opgevist, toonde aan dat het veel jonger was dan het gesteente van de continenten. Terwijl de aardkorst onder de oceanen nergens ouder is dan 180 miljoen jaar, zijn sommige gesteenten van de continenten vier miljard jaar oud.

▶ Maar er werd meer ontdekt. Hoe verder weg van de onderzeese gebergteketens het gesteente werd gevonden, hoe ouder het bleek te zijn. Het jongste gesteente ligt dus midden in in de oceanen en het oudste ligt tegen de continenten aan. Blijkbaar vernieuwt het gesteente in de oceanen zich telkens. Midden in de gebergtes lopen een soort pijpleidingen waaruit magma uit het binnenste van de aarde naar boven komt. Nieuw gesteente dat zo wordt gevormd, wordt binnen afzienbare tijd weer horizontaal verplaatst door weer nieuwer gesteente dat opwelt. Dit proces wordt seafloor spreading genoemd.

> seafloor spreading

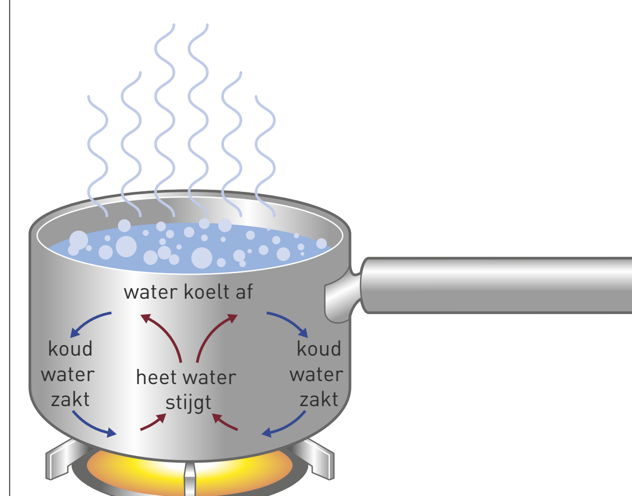


Figuur 2.3 De belangrijkste platen en hun beweging op aarde.

▶ De aardkorst is blijkbaar niet een aaneengesloten stuk, maar bestaat uit allemaal delen die bij de midoceanische ruggen uit elkaar drijven. De oceaanbodem beweegt horizontaal en neemt de continenten mee. Maar als de platen aangroeien op de oceaanbodem, moeten ze ergens anders worden afgebroken om plaats te maken voor de nieuwe aardkorst. Er zijn dus plekken op aarde waar de platen met elkaar botsen en waar de ene plaat onder de andere duikt en wordt vernietigd.

▶ De beweging van de platen wordt aangedreven door de inwendige warmte van de aarde. Het binnenste van de aarde is nog zeer heet en deze warmte zoekt een weg naar het oppervlak. Dit kun je vergelijken met een pannetje water dat op het vuur staat. Het water onder de vlam is het heetst en stijgt op. Bij het oppervlak aangekomen is het inmiddels zover afgekoeld dat het weer naar beneden zakt (figuur 2.4). Dit gebeurt ook met het vloeibare gesteente in de aarde. Op deze manier ontstaan kringlopen die convectiestromen worden genoemd. In de gebieden waar de convectiestromen naar boven komen, wordt de aardkorst omhoog gedrukt en scheurt deze. De platen wijken uiteen en het tussenliggende gebied wordt opgevuld met stollende magma, waardoor in de oceanen de midoceanische ruggen ontstaan.

> convectiestromen



Figuur 2.4 Convectiestromen.



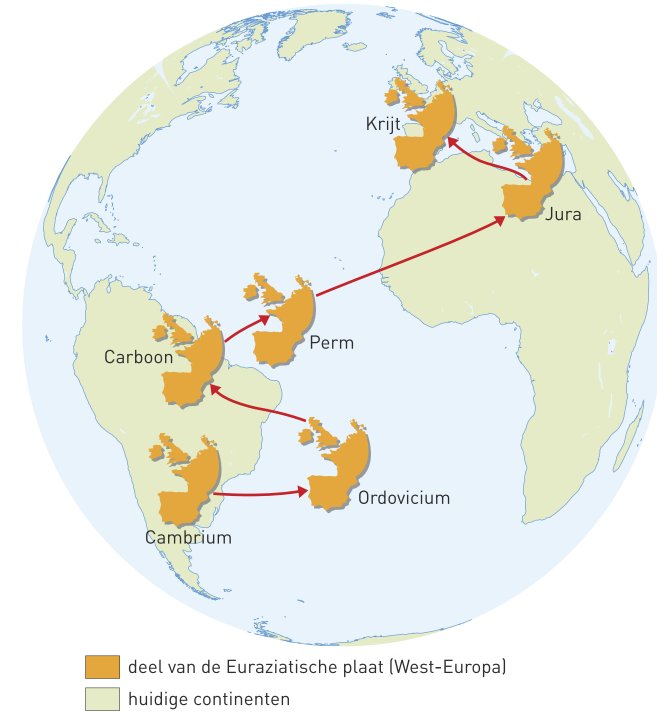
Figuur 2.5 Monument Valley (V.S.), een prachtig voorbeeld van de 'Redhouse Earth'.

Supercontinent

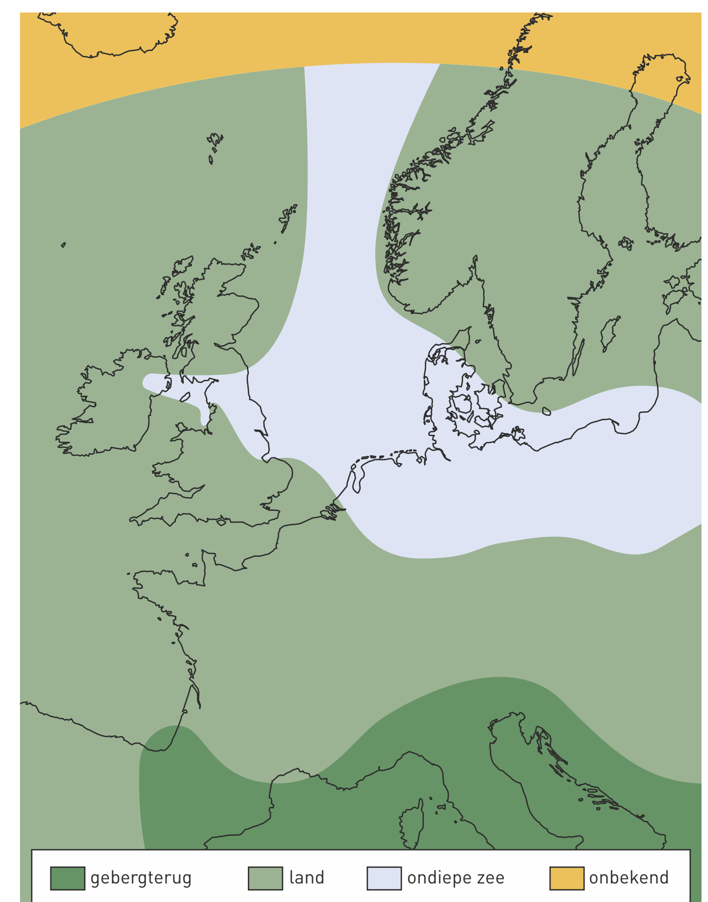
▶ In het Perm lagen de continenten aan elkaar in een oer-continent; het al eerder door Wegener genoemde Pangea. Het was ontstaan door botsing van platen. Oude gebergtes zoals de Ardennen in Europa, de Appalachen in de Verenigde Staten en het Uralgebergte in Rusland laten zien waar de platen tegen elkaar gebotst zijn. Dit supercontinent strekte zich uit van pool tot pool. In deze tijd kende een groot deel van de wereld een continentaal klimaat, omdat veel land ver van de oceaan lag. Het was erg droog en het grootste deel van de aarde was woestijngebied.

▶ Er was veel water opgeslagen in de ijskap van Gondwana. Hierdoor stond de zeespiegel relatief laag. Bij zo'n lage zee-spiegelstand werden meer gesteenten blootgesteld aan verwering en erosie. Het afbraakmateriaal dat hierdoor ontstond, namen de rivieren mee naar de oceanen. De flora en fauna in de oceanen kregen zo de beschikking over meer voedingsstoffen en konden flink gaan groeien. Een sterke plantengroei leidde weer tot onttrekking van veel CO_2 aan de atmosfeer (fotosynthese). Een laag CO_2-gehalte kon weer leiden tot vermindering van het broeikaseffect en dus tot afkoeling. Daardoor groeiden de ijskappen en daalde de zeespiegel nog verder.

● De zandlagen die in de woestijn werden afgezet, zijn op tal van plaatsen in het huidige landschap nog te herkennen. Ze hebben een kenmerkende rode kleur, die is ontstaan door de ijzerdeeltjes in het zand. Bekende voorbeelden vind je in de Grand Canyon, in Argentinië, in Spanje en aan de zuidkust van Groot-Brittannië.



Figuur 2.6 De zwerftocht van West-Europa over de aarde.



Figuur 2.7 De situatie van 'Nederland' in het Perm.

Zout in Nederland

▶ Ook in Nederland tref je lagen zandsteen aan. Helaas kun je ze niet zien, doordat ze gemiddeld op vier à vijf kilometer diepte liggen. Gedurende het Perm lag het huidige Nederland op 20° à 30° N.B., ter hoogte van de huidige Sahara. Het maakte deel uit van een grote woestijn die zich van Engeland tot Polen uitstrekte en die was omgeven door gebergtes. Aan het einde van het Perm overstroomde dit gebied een aantal keren door een uitloper van de Panthalassa Oceaan. Deze binnenzee lag over de noordelijke helft van Duitsland en Polen. Als de zee zich had teruggetrokken, verdampte het water door het droge klimaat. Het gevolg was dat zoutkristallen zich op de bodem afzetten. Doordat het proces zich een aantal malen herhaalde, vormde zich in de Nederlandse bodem een zoutsteenlaag, die wel een kilometer dik kan zijn.

Steenkool en aardgas in Nederland

▶ In de periode voorafgaand aan het Perm (het Carboon) lag het huidige Nederland op de wereldbol op de plek waar Suriname nu ligt. De begroeiing in het moerasachtige, tropische gebied rond de evenaar was weelderig. Grote varens en mangrovebossen strekten zich over grote oppervlakten uit. De afgestorven planten kwamen in het zuurstofarme water van de moerassen terecht. Zo vormden zich dikke veenlagen. Als planten droog zijn, bestaan ze voor ongeveer 50% uit koolstof en verder voornamelijk uit zuurstof en waterstof. Als dode planten in een zuurstofarme omgeving ontbinden, ontstaan vooral waterdamp, moerasgas en koolzuurgas. Deze gassen kunnen gemakkelijk ontsnappen. Bacteriën onttrekken bovendien ook veel zuurstof aan de plantenresten. Er verdwijnt op deze wijze relatief weinig koolstof, zodat het aandeel koolstof in de achter-blijvende massa steeds verder toeneemt. Dit zogenaamde inkolingsproces gaat verder wanneer de plantenresten in de loop der tijd door dikke lagen andere sedimenten worden bedekt en dieper in de aardkorst bij een hogere temperatuur en een hogere druk worden samengeperst.
Als de plantenresten tijdens de inkoling snel worden bedekt door ondoorlatende lagen, kunnen de gevormde gassen niet naar de atmosfeer ontsnappen. De dikke zoutlagen uit het Perm vormden een uitstekend dekgesteente om de uit de planten-resten ontsnappende gassen tegen te houden. Maar aan dekgesteente alleen heb je niet genoeg; het gas moet ook in een gesteente kunnen worden opgeslagen. De zandlagen uit het

> dekgesteente



Figuur 2.8 Het landschap van Nederland in het Carboon lijkt op dat van de huidige Mississippidelta.

Perm die onder het zoutpakket lagen, boden daar voldoende ruimte voor. Ze dienden dus als reservoirgesteente. De combinatie van zout- en zandlagen uit het Perm hebben zo bijgedragen tot het aardgasveld van Slochteren in Noord-Nederland, één van de grootste aardgasvelden in de wereld.

> reservoirgesteente

Opdrachten 2.1

Deelvragen
1. Wat is het verband tussen de woestijnaarde uit het Perm en de platentektoniek?
2. Waarom heeft Nederland de aardgasvoorraden en het zout te danken aan de woestijnaarde?

Opdracht 6

a Bestudeer paragraaf 2.1. Dit kun je doen door de tekst kritisch en met oog voor de details door te lezen. Hulpmiddelen daarbij zijn:
- schrijf trefwoorden op;
- vraag je af wat de kern is per (sub)paragraaf.

b Als je dit hebt gedaan, ga je bij jezelf na of je alles begrijpt. Dit doe je door:
- ofwel de inhoud samen te vatten, wat je op twee manieren kunt doen:
  - de inhoud in je eigen woorden opschrijven, dus een uittreksel maken;
  - een schema maken met trefwoorden uit de tekst;
- ofwel voor jezelf overhoorvragen te maken over de kern van de tekst en na te gaan of je die kunt beantwoorden.

Opdracht 7 Beweging van platen K

Bekijk figuur 2.3 en GB 192B.

a Welke twee soorten platen zijn er?

b Welke drie bewegingen kunnen platen maken?

c Verklaar de naam 'ring van vuur' die wordt gegeven aan het gebied rond de Pacifische plaat.

Opdracht 8 Seafloor spreading K/I

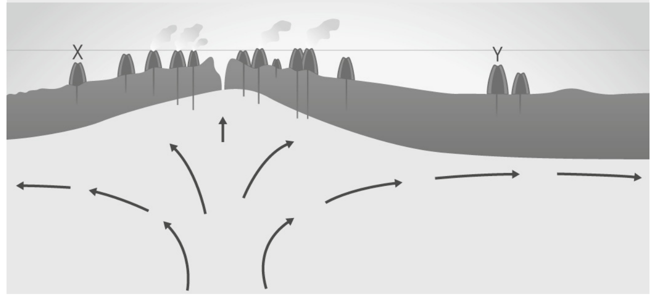
a Welke beweging van platen zie je in figuur W2?

b Met welke term wordt het aandrijfmechanisme van de platentektoniek aangeduid?

c Leid uit figuur W2 een bewijs af voor de aanwezigheid van seafloor spreading.

d Welke vulkaan op W2 is de oudste: X of Y? Leg je antwoord uit.

W2 Seafloor spreading.



Opdracht 9 Het uiteenvallen van Pangea K/I

Gebruik bij deze opdracht de figuren W3 tot en met W7 en GB 193A.

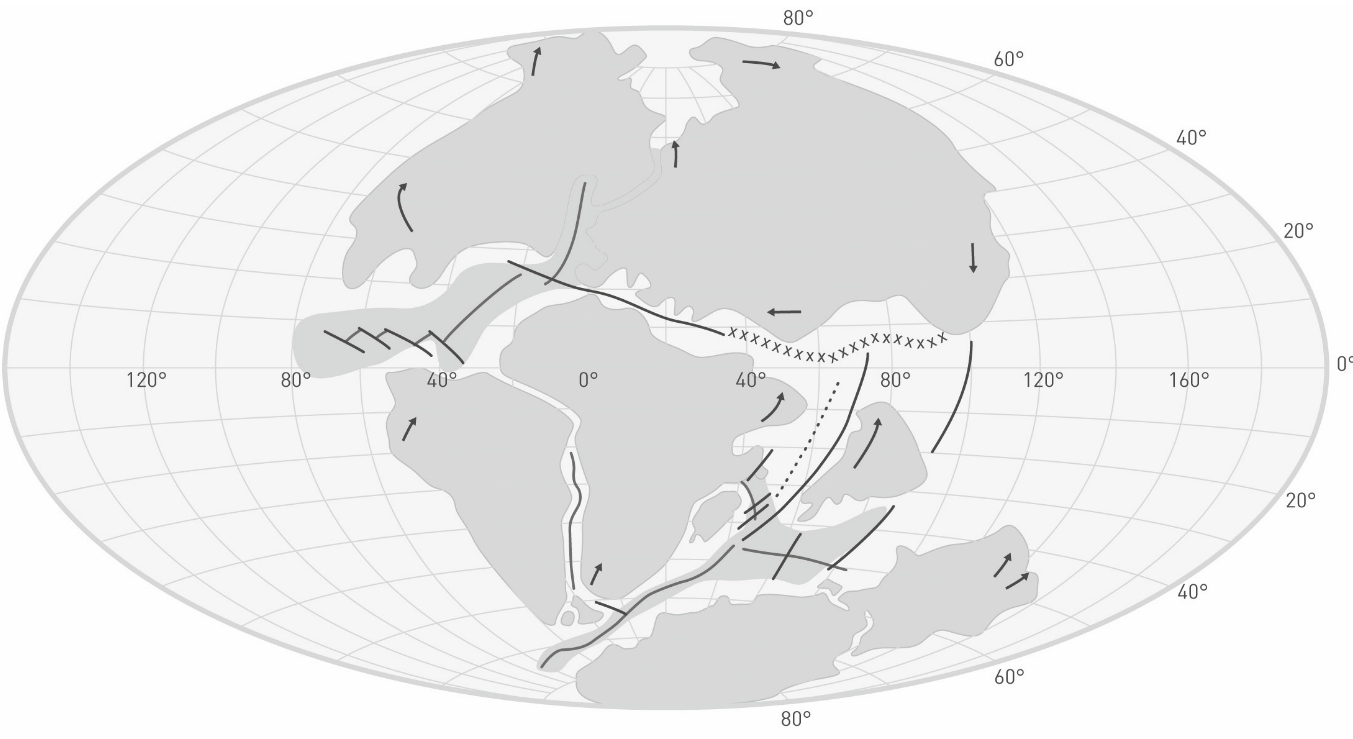
a Zet de nummers van de figuren W3 tot en met W7 in de goede tijdsvolgorde (van oud naar jong).

b Schrijf de nummers van de figuren W3 tot en met W7 onder elkaar en schrijf erachter hoeveel miljoen jaar geleden de situatie op de figuren zich voordeed.

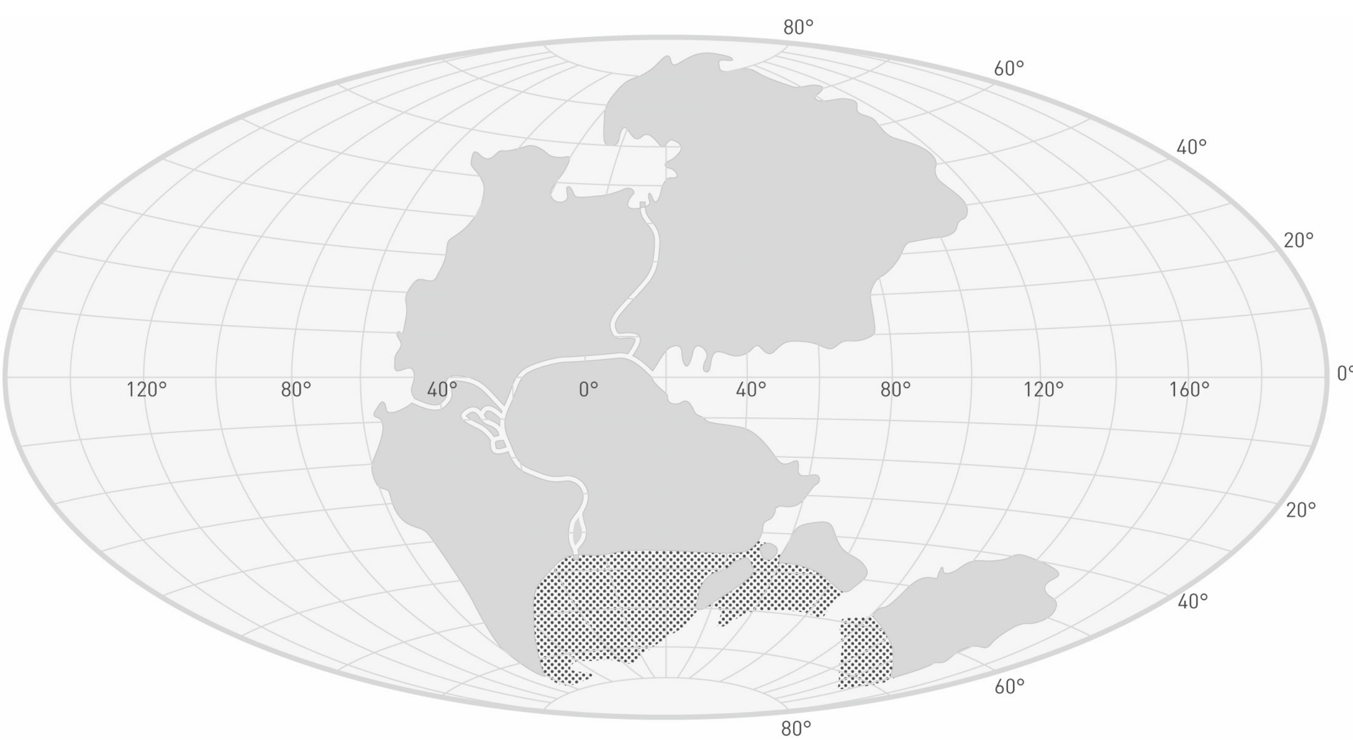
c Welke (toenmalige) continenten staan op de figuren W4 en W6?

d Maak de legenda. Zet achter alle verschijnselen die hieronder staan, hoe ze zijn aangegeven in de figuren.
- nieuwe oceaanbodem,
- uit elkaar drijven van platen (seafloor spreading),
- continentale gletsjer,
- botsen van platen,
- bewegingsrichting continenten.

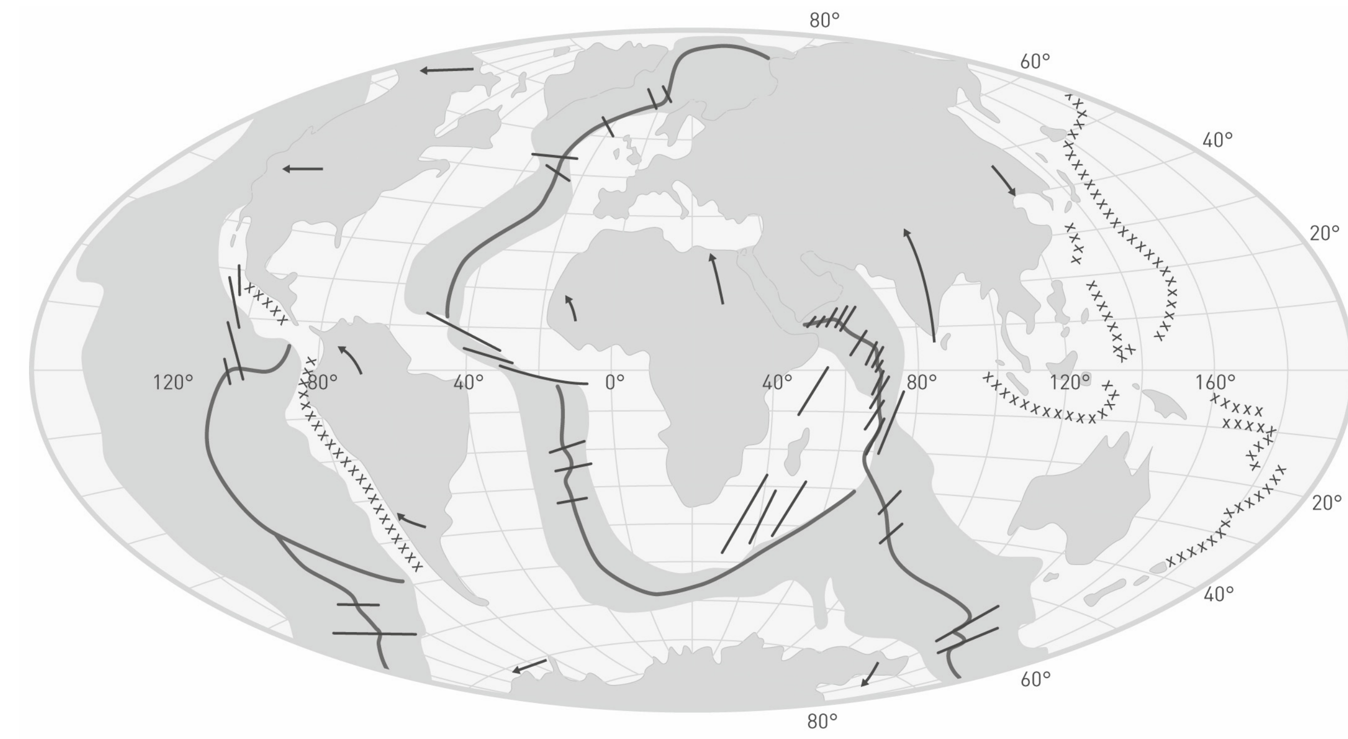
W3 Het uiteenvallen van Pangea.



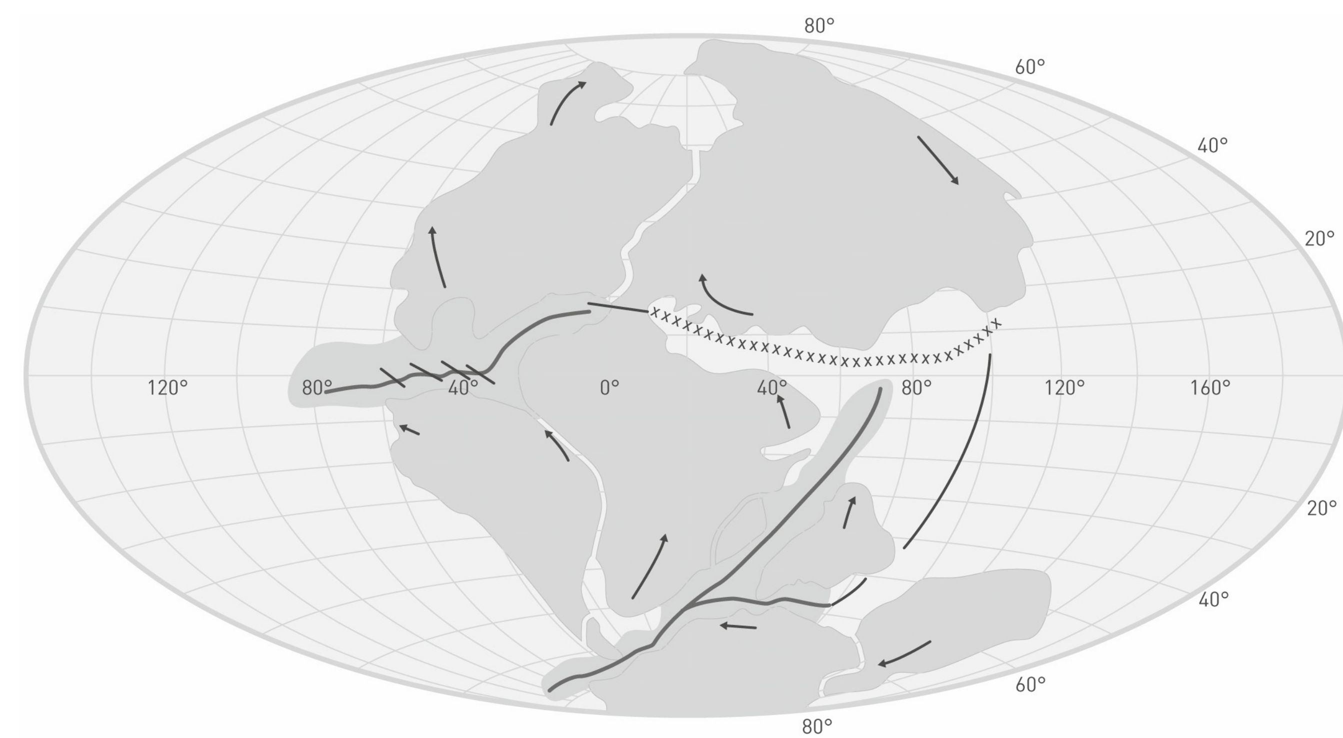
W4 Het uiteenvallen van Pangea.



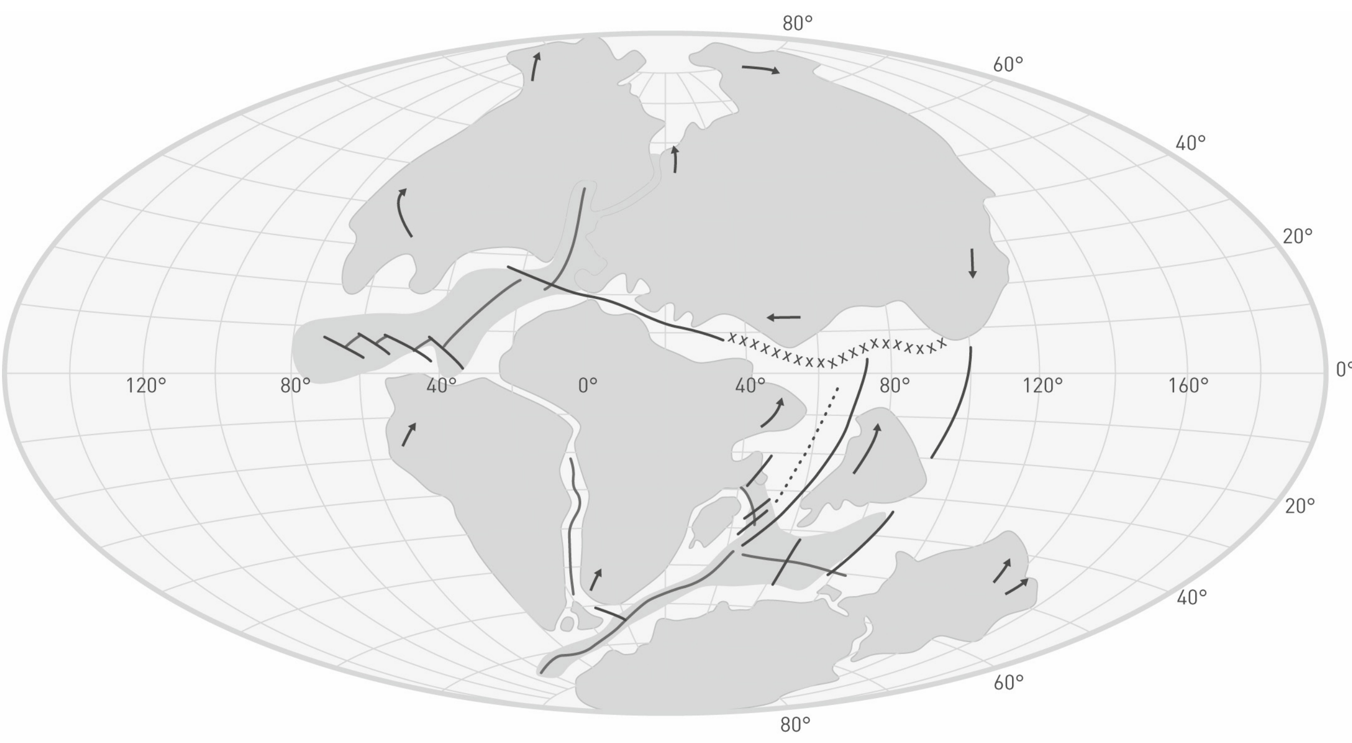
W5 Het uiteenvallen van Pangea.



W6 Het uiteenvallen van Pangea.



W7 Het uiteenvallen van Pangea.



Opdracht 10 Zeespiegel tijdens de woestijnaarde I

Bekijk figuur 2.2 en GB 193A.

a Waarom belemmert het onder elkaar schuiven van platen het doen van uitspraken over de ligging van de continenten voor het Perm?

b Beredeneer in drie stappen dat de zeespiegel in het Perm een stuk lager stond dan nu.

c Leg in zes stappen uit dat zo'n lage zeespiegelstand een positieve terugkoppeling heeft op de temperatuur.

Opdracht 11 Zwerftocht van West-Europa K/I

Bekijk figuur. 2.6

a Wat is er veranderd in de breedteligging van West-Europa tussen het Cambrium en het heden?

b Welke invloed heeft de verschuiving van lage naar hoge breedte gehad op het klimaat?

c Leg uit dat de aanzet tot de vorming van steenkoollagen in Nederland is gegeven in het Carboon.

Opdracht 12 Delfstoffen K/I

a Gebruik figuur 2.6 en de tekst uit het theoriedeel om W8 voor het aardgas in te vullen (overnemen in je schrift!). Bekijk de kaart 'Nederland: Delfstoffen' in de atlas.

b Zoek op internet uit wat de tijdvakken van het moedergesteente, het dekgesteente en het reservoirgesteente zijn voor de aardolievelden in Nederland. Vul met deze gegevens W8 verder in.

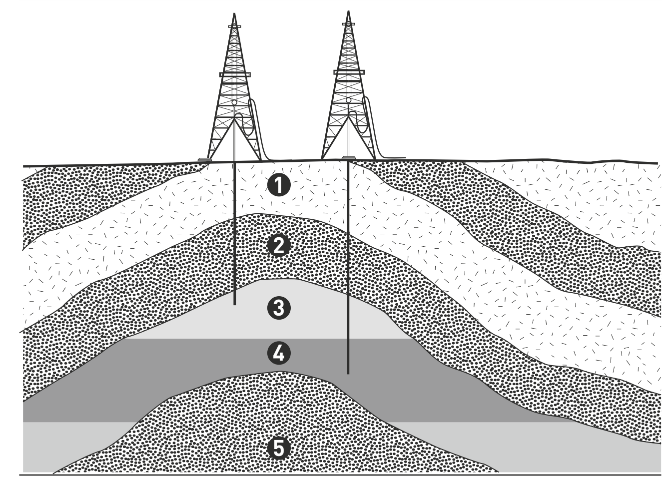
c Voor welk aardgasveld zijn het dekgesteente en het reservoirgesteente afkomstig uit het Perm?

W8 Delfstoffen in Nederland. **Overnemen in je schrift!**

Delfstof	Tijdvak moedergesteente	Ligging Nederland	Tijdvak reservoirgesteente	Tijdvak dekgesteente
aardgas	...	...	...	...
aardolie	...	...	...	...

d Bekijk W9. Bij welke cijfers (1 t/m 5) horen de volgende aanduidingen?
- reservoirgesteente,
- aardolie,
- water,
- dekgesteente,
- aardgas.

W9 Opslagplaatsen van aardolie en aardgas in Nederland.



Opdracht 13 Terugblik op paragraaf 2.1

Beantwoord de twee deelvragen van deze paragraaf in maximaal vijf kernwoorden. Schrijf deze op een briefje en geef dit aan je buurvrouw/-man. Laat deze de deelvragen beantwoorden met jouw kernwoorden. Jij doet hetzelfde met de kernwoorden van je buurvrouw/-man.

Online extra

Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.



2.2 Broeikasaarde

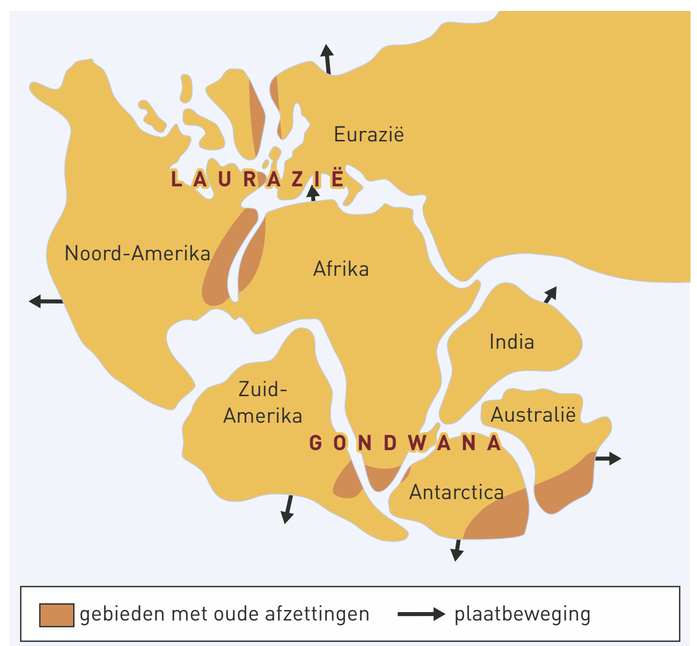
Warmste periode ooit

Het Krijt (120 tot 66 miljoen jaar geleden) is de warmste periode die de aarde ooit heeft gekend. Het klimaat op aarde was tropisch tot subtropisch van de evenaar tot de polen; nergens lagen ijskappen. In Siberië wemelde het van de krokodillen en op Groenland groeiden palmbomen. In de ondiepe zeeën leefden en stierven zulke gigantische hoeveelheden eencellige organismen af dat hun skeletjes overal op aarde krijtlagen vormden van honderden meters dik. De 'white cliffs of Dover' vormen het directe bewijs hiervan.

Scheuren

▶ Na het Perm scheurde Pangea open. De oorzaak daarvoor lag in het omkeren van de convectiestromen. Na de vorming van het supercontinent kon de aarde een deel van zijn interne warmte namelijk niet meer kwijt. Het continent lag als een soort afdeklaag op de aardmantel. Door het omkeren van de richting van de convectiestromen scheurde de afdeklaag en raakten de continenten op drift. Een voorbeeld van zo'n scheur is de Midden-Atlantische Rug in de Atlantische Oceaan die Zuid-Amerika en Afrika van elkaar scheidt.

● Na het openbreken van Pangea dreven de continenten versneld uit elkaar. Het uiteendrijven van het supercontinent ging vijf keer zo snel als de plaatbewegingen nu. Noord-Amerika kwam als eerste los en begon naar het noordwesten te drijven.

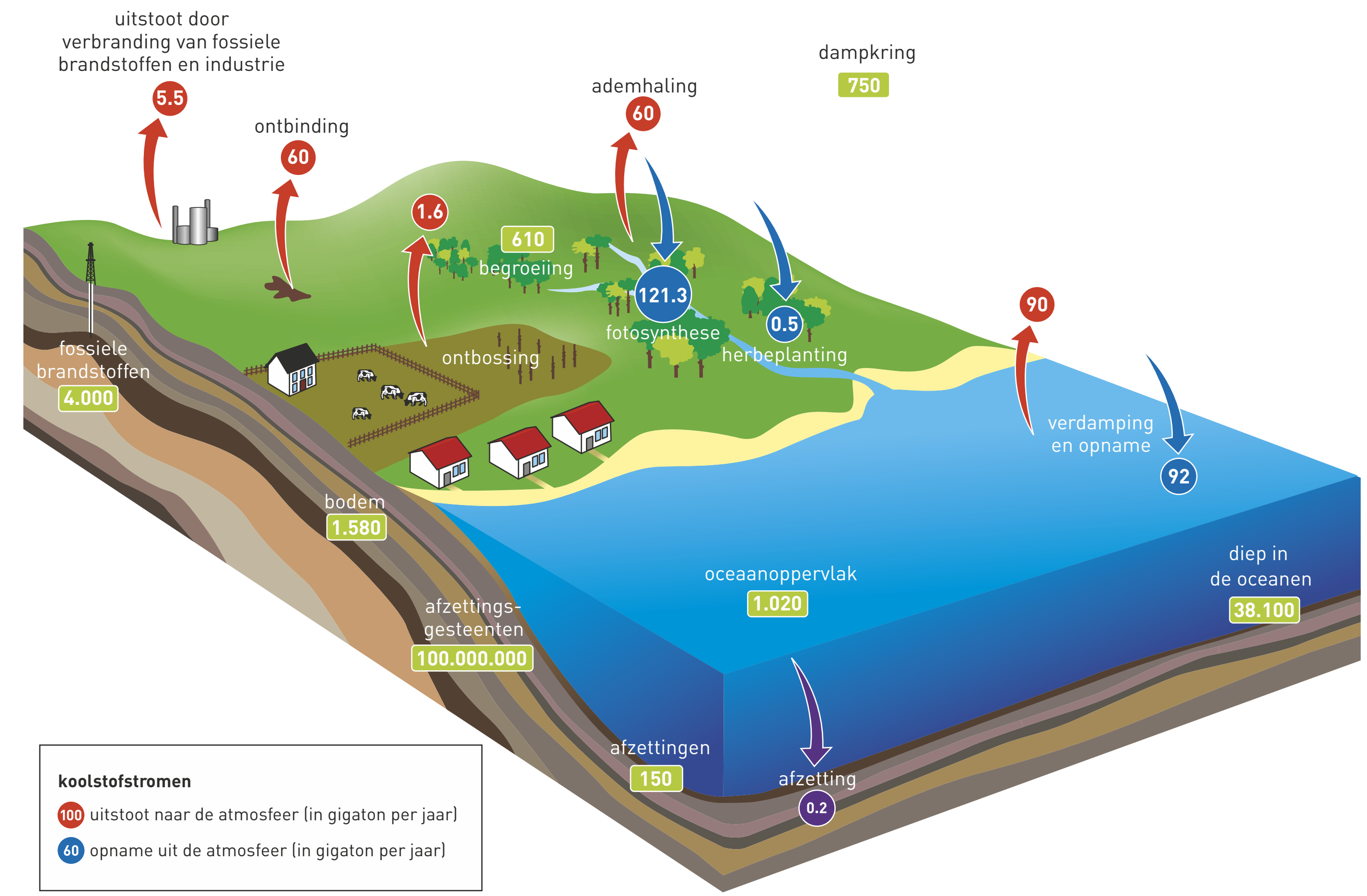


Figuur 2.9 Het uiteenvallen van Pangea.

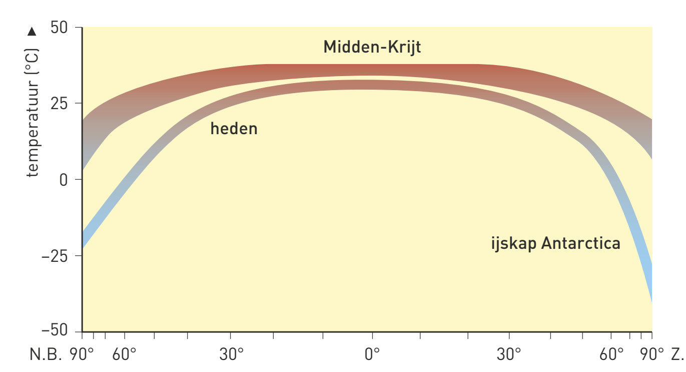
In een later stadium raakte Zuid-Amerika los van Pangea, kwamen Madagascar en India los van Afrika en braken ook Antarctica en Australië van elkaar af.

Zeespiegel

▶ Door al deze plaatbewegingen ontstond een groot oppervlak aan nieuwe oceaanbodem. Gedurende het Krijt werd de Atlantische Oceaan bijvoorbeeld 10 cm groter per jaar. De



Figuur 2.10 De koolstofcyclus.

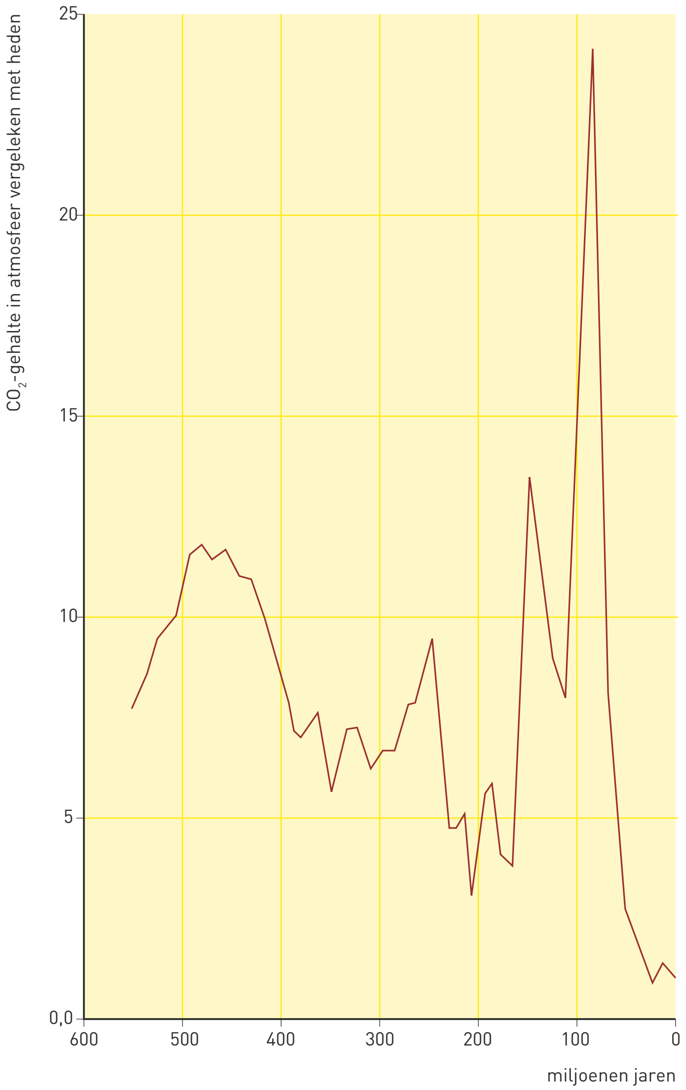


Figuur 2.11 De temperaturen in het Krijt en nu, op verschillende breedtegraden.

zeespiegel in die tijd stond 200 tot 300 meter hoger dan nu. Een groot deel van het huidige landoppervlak – schattingen lopen op tot 60% – stond onder water. De verklaring hiervoor heeft te maken met de dikte van de oceanische korst. In het algemeen kun je stellen dat de oceanische korst dunner is, naarmate je verder weg bent van de midoceanische ruggen. Bij de ruggen vindt immers vulkanisme plaats en zet het gesteente dat de oceanische korst vormt door de warmte uit. Verder weg is de warmte minder en krimpt het gesteente. De oceanen zijn ver ten oosten en ten westen van de midoceanische ruggen daarom ook meer dan twee keer zo diep als bij de ruggen zelf. In deze tijd, waarin de platen snel uit elkaar drijven, werd er veel nieuwe oceanische korst gevormd. Hierdoor was er weinig krimp en waren de oceanen ondiep. Het water moest echter ergens heen en stroomde uit over de continenten. Al het smelt-water van de ijskappen verdween ook in de oceanen. Als gevolg van de warmte zette ook het zeewater uit.

Koolzuurgas

▶ Voor wetenschappers is deze periode vooral interessant omdat het CO_2-gehalte in de aardse atmosfeer toen op zijn hoogst was. Tegenwoordig is het CO_2-gehalte 385 delen per



Figuur 2.12 Het CO²-gehalte door de geologische tijd heen.

miljoen luchtdelen. Men schat dat er in het Krijt twintig keer zoveel koolzuurgas in de atmosfeer zat als nu, 4.000 à 5.000 delen per miljoen. Het snel uiteen drijven van de platen was hiervoor verantwoordelijk. Bij vulkaanuitbarstingen komen namelijk grote hoeveelheden vulkanische gassen in de atmosfeer. De hoge concentratie van CO_2 is ook verantwoordelijk voor het afsmelten van de ijskappen in deze tijd. IJskappen smelten af als de concentratie CO_2 in de atmosfeer hoger is dan 1.000 per miljoen delen.

▶ De grote vraag is natuurlijk: waar is al dat koolzuurgas gebleven? Het antwoord hierop vind je in de koolstofcyclus. De CO_2 in de lucht verbindt zich met waterdruppels en vormt koolzuur (H_2CO_3). Dit zwakke zuur valt samen met de neerslag op de gesteentes op aarde. Het natrium (Na), het kalium (K) en het calcium (Ca) waar de mineralen van deze gesteentes uit bestaan, lossen op en vormen klei. Deze klei wordt door de rivieren en het grondwater samen met het koolzuur naar de zee gebracht. Hier maken allerlei beestjes er kalkskeletten van. Uiteindelijk worden er dikke kalklagen gevormd. De mergel uit Zuid-Limburg is hier een voorbeeld van.

'The past is the key to the present'

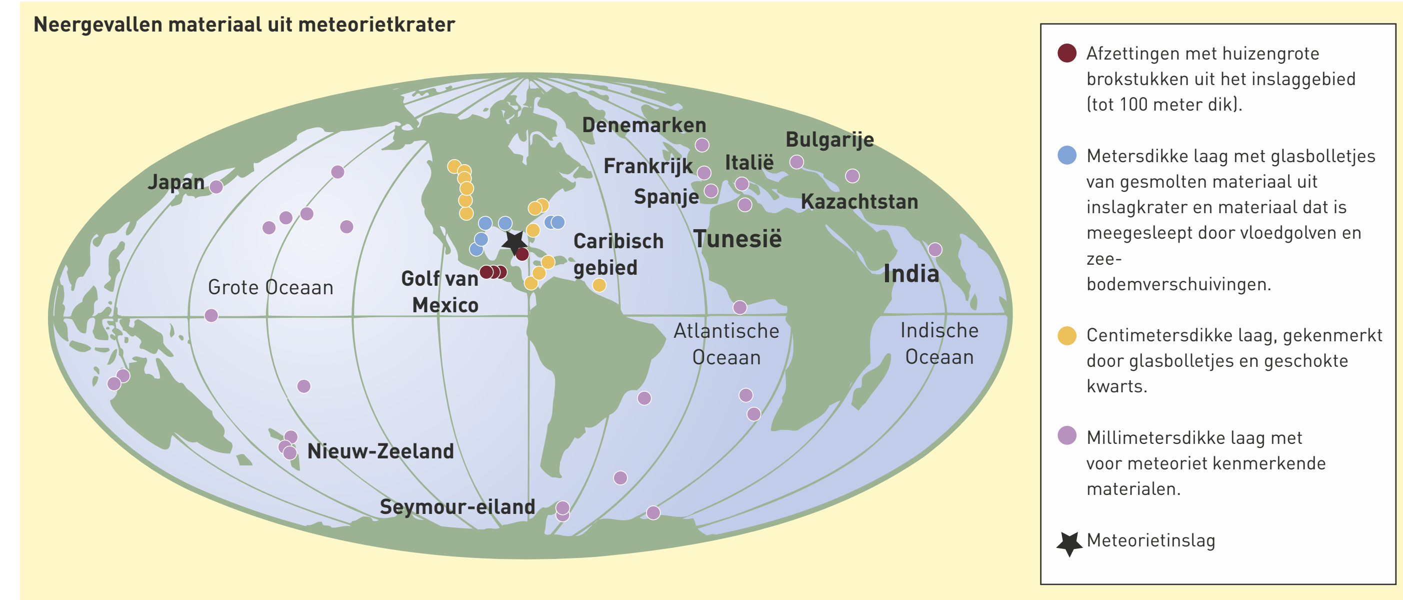
▶ Op basis van de gegevens die men ontleent aan deze warme periode, kunnen uitspraken voor het heden of zelfs de toekomst worden gedaan. De kennis van de omstandigheden en de processen in het verleden helpen om dat wat er nu en in de toekomst gebeurt, beter te begrijpen. Omgekeerd gaat dit natuurlijk ook op. Bij het actualiteitsprincipe wordt ervan uitgegaan dat het heden de sleutel is tot het verleden. Er wordt aangenomen dat processen in het verleden op dezelfde manier zijn verlopen als tegenwoordig het geval is.

Dinokiller?

▶ Over wat er op de grens tussen het Krijt en het Tertiair is gebeurd, verschillen de geleerden nogal van mening. Het is onomstreden dat er in die tijd een abrupte klimaatverandering plaatsvond. Hierdoor verdween 90% van het zeeleven en 70% van de bestaande flora en fauna op aarde. Veel dinosaurus-soorten stierven in een relatief korte periode uit. Naar aanleiding van een onderzoek in de Apennijnen (Italië) aan het einde van de jaren zeventig van de twintigste eeuw ontstond de theorie van een geweldige meteorietinslag.

● Bij dit onderzoek zijn namelijk mariene sedimenten gevonden, die bestonden uit klei met een relatief hoog gehalte van het element iridium. Iridium is op aarde zeer zeldzaam, maar in meteorieten is het relatief veel aanwezig. Het hoge iridiumgehalte in de klei was volgens onderzoekers alleen maar toe te schrijven aan een geweldige meteorietinslag: de Krijt/Tertiairinslag. Je moet hierbij denken aan een meteoriet met een doorsnee van tussen de 10 en 20 km die een klap veroorzaakt die je kunt vergelijken met het tot ontploffing brengen van 10.000 keer de hoeveelheid van het nucleaire arsenaal op de wereld.
Op de rand van het Mexicaanse schiereiland Yucatan is een inslagkrater gevonden die uit die tijd stamt en die met een breedte van 180 km het juiste formaat heeft.

> actualiteitsprincipe



Figuur 2.13 Bewijzen voor de meteorietinslag op de grens van het Krijt en het Tertiair.

● Later zijn er meer aanwijzingen gevonden voor de juistheid van deze theorie. Er zijn bijvoorbeeld mineralen gevonden die normaal gesproken op aarde niet voorkomen.
Ook werd er in de sedimenten veel koolstof aangetroffen. Dit is toe te schrijven aan de branden die na de klap over de gehele wereld moeten hebben gewoed. Een gevolg van de inslag was de vorming van geweldige hoeveelheden stikstofoxiden. Deze gingen een chemische reactie aan met de ozon in de atmosfeer. Daardoor werd de ozonlaag dunner en kwam er veel meer ultraviolette straling van de zon binnen. Als gevolg van de inslag kwam er ook veel fijn stof in de atmosfeer terecht. Het fijne stof blokkeerde het zonlicht en vervuilde de atmosfeer. Dit resulteerde in een afkoeling die een paar jaar geduurd kan hebben en die de temperatuur wereldwijd flink deed dalen. Ook het proces van fotosynthese werd ernstig verstoord en dit had weer tot gevolg dat hele voedselketens werden vernietigd.

Opdrachten 2.2

Deelvragen
3 Waarom was er tijdens het Krijt sprake van een broeikasaarde?
4 Waardoor kwam er een abrupt einde aan de broeikasaarde?

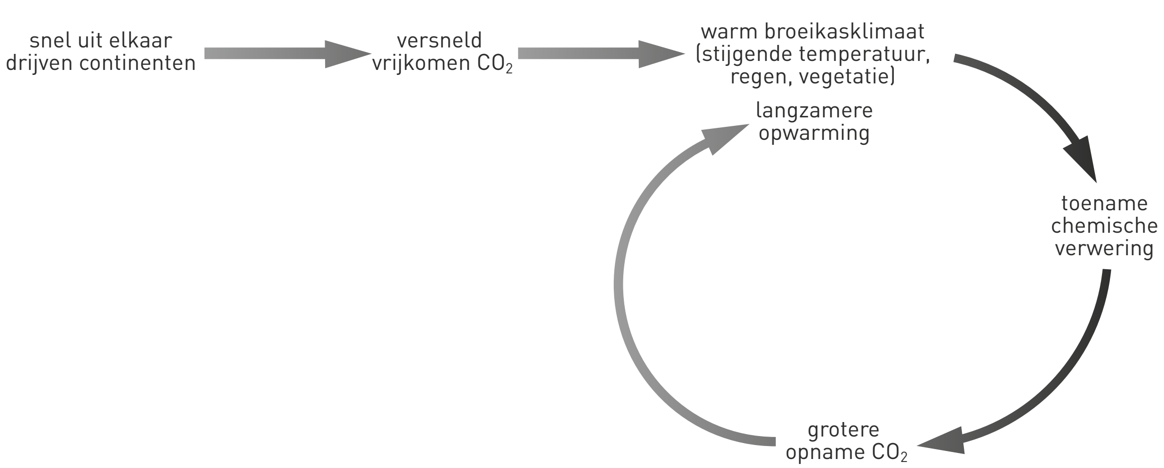
Opdracht 14
Bestudeer, voordat je aan de opdrachten begint, paragraaf 2.2. Het is belangrijk dat je ook de figuren goed bekijkt.

Opdracht 15 Goed gelezen? K
Zijn de volgende beweringen juist of onjuist?
A Pangea scheurde open door het omkeren van de convectiestromen.
B Net als tijdens de woestijnaarde stond de zeespiegel lager dan nu.
C Het CO_2-gehalte is na de broeikasaarde niet meer zo hoog geweest.
D Het actualiteitsprincipe berust op de veronderstelling dat alles wat in het verleden is gebeurd, ook in het heden kan gebeuren.
E Door een meteorietinslag op de grens van Krijt en Tertiair kwam er een abrupt einde aan de broeikasaarde.

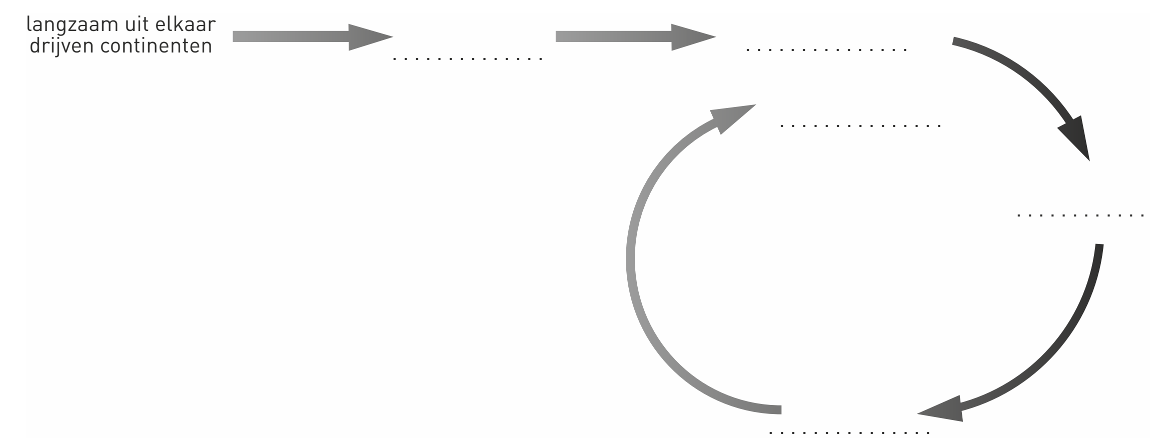
Opdracht 16 Zeespiegel tijdens de broeikasaarde K/I
Gebruik figuur 2.9 en 2.10.
a Waarom was de temperatuur in het Krijt zoveel hoger dan nu? Geef twee argumenten.
b Wat is het verband tussen de hoge zeespiegelstand en de snelle aanmaak van oceanische korst in het Krijt?
c Leg uit waardoor de temperatuurstijging in het Krijt door de uitbundige vegetatie op een gegeven moment werd geremd. *Je antwoord moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.*

Opdracht 17 Terugkoppeling K/I
Bekijk W10.
a Onderzoek de volgende hypothese (stelling) en licht je antwoord toe.
‘Het snel uit elkaar drijven van de continenten veroorzaakt een negatieve terugkoppeling op het warmer worden van de aarde.’
b Download en print W11. Schrijf in de figuur welke terugkoppeling optreedt als de continenten langzaam uit elkaar drijven.

W10 Terugkoppeling tussen het snel uit elkaar drijven van continenten en het klimaat.



W11 Terugkoppeling tussen het langzaam uit elkaar drijven van continenten en het klimaat. **Downloaden en printen!**



Opdracht 18 Temperatuurvergelijking K/I
Bekijk figuur 2.10 in je studieboek.
a Bij vergelijking van de temperatuur in het Krijt met die van nu is het verschil niet op elke breedtegraad even groot. Waar is het verschil het grootst en waar het kleinst?
b Verklaar dit verschil.

Opdracht 19 Oorzaak of gevolg? K/I
a Is het CO_2-gehalte tijdens het Krijt oorzaak of gevolg van de hogere temperatuur? Leg je antwoord uit.

Opdracht 20 Koolstofcyclus K/I VERDIEPING
Bekijk de figuren 2.11 en 2.12.
a Wat is er sinds het Krijt met de hoeveelheid CO_2 in de atmosfeer gebeurd?
b Neem het schema van W12 over in je schrift. Vul het in met behulp van figuur 2.11.
c Reken uit hoe hoog het percentage koolstof is dat opgeslagen ligt in het sedimentgesteente.
d Leg stapsgewijs uit hoe dat daar is gekomen.

Opdracht 21 Terugblik op paragraaf 2.2
Beschrijf van iedere figuur in deze paragraaf in één zin wat deze laat zien over de broeikasaarde.

W12 Opslag van CO_2.

Opslag van CO_2 in	Hoeveelheid in gigaton
Atmosfeer	...
Vegetatie	...
Bodem	...
Fossiele brandstoffen	...
Bovenlaag oceanen	...
Diepte oceanen	...
Sedimenten	...
Sedimentgesteente	...

Online extra
Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.



2.3 IJstijdaarde

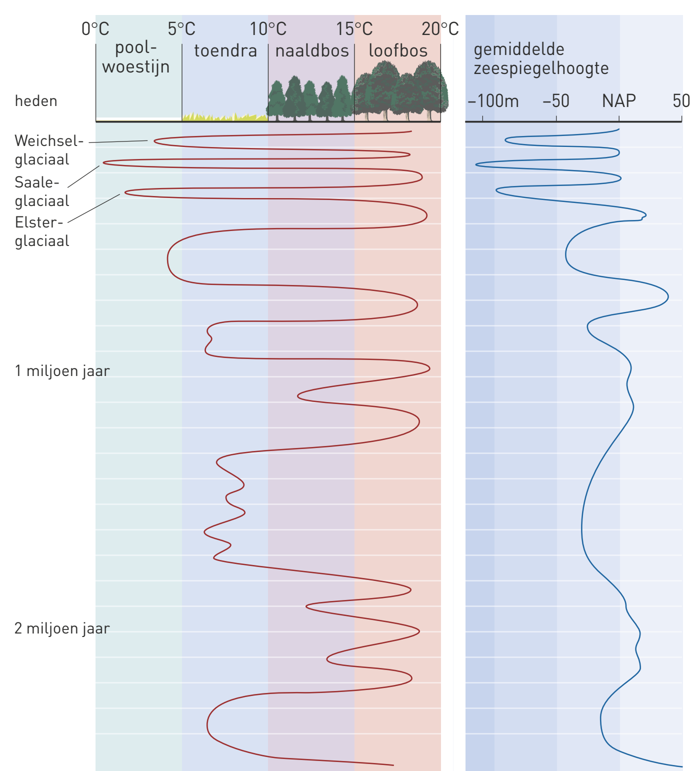
Kwartair

De geologische periode waarin wij ons nu bevinden, heet het Kwartair. De huidige positie van Nederland op de aardbol is bereikt. De temperatuurdaling die aan het eind van het Tertiair is ingezet, gaat door in het Kwartair. Het is de periode van grote continentale vergletsjeringen.

IJstijden en warmere periodes

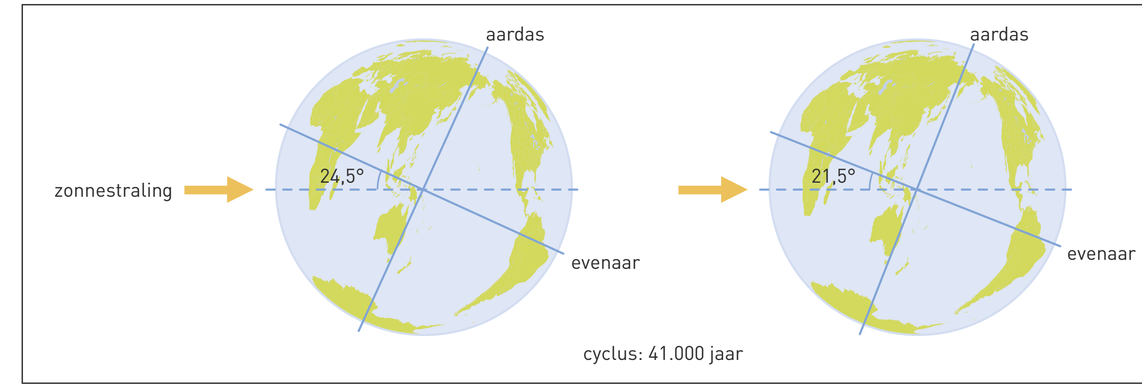
▶ Kenmerkend voor het Kwartair is een afwisseling van glacialen en interglacialen. Deze variatie is niet toe te schrijven aan één oorzaak. Tegenwoordig gaan we ervan uit dat ijstijden ontstaan door een complex samenspel van meerdere factoren die zich afspelen op verschillende tijdschalen.

● De ligging van de continenten en het verschuiven hiervan als gevolg van platentektoniek is meestal de belangrijkste factor. IJskappen kunnen bijvoorbeeld alleen maar ontstaan op continenten. Eén van de voorwaarden voor een ijstijd is dus dat er land, het liefst veel land, in de omgeving van de polen ligt. Bijna vijftig miljoen jaar geleden lag Antarctica al wel ter hoogte van de Zuidpool, maar was het nog verbonden met Zuid-Amerika en Australië. Hierdoor kon het over land nog bereikt worden door een warme wind en liep er langs de kust nog een warme zeestroom. Pas toen Antarctica losbrak, stopte de warmtetoevoer en begon zich een ijskap te vormen.
Op de Noordpool bevond zich weliswaar geen landmassa, maar eromheen kwamen Noord-Amerika en Eurazië op steeds hogere



Figuur 2.14 Gemiddelde zomertemperatuur en gemiddelde zeespiegelhoogte in het Kwartair in het gebied dat nu Nederland is.

> glacialen
> interglacialen



Figuur 2.15 Scheefstelling.

breedte te liggen. Bovendien werd de Noordelijke IJszee steeds meer van de oceanen afgesneden. Hierdoor daalde de watertemperatuur. Toen het water eenmaal met ijs was bedekt, zorgde dit voor een sterke weerkaatsing van de zonnestralen en dus voor verdere afkoeling van het omringende land.

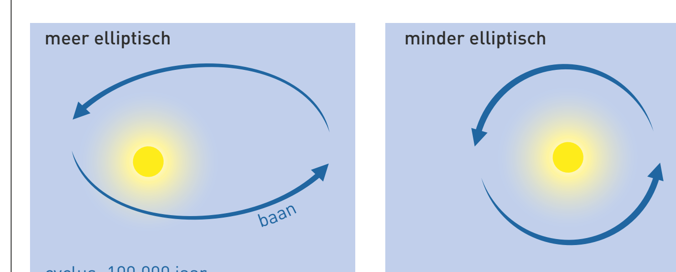
● De laatste 2,5 miljoen jaar zijn er echter twintig ijstijden geweest en dat zijn er te veel om ze toe te schrijven aan de platentektoniek. Wel belangrijk op deze tijdschaal zijn kleine veranderingen in de baan van de aarde om de zon en in de stand van de aardas. Hierdoor verandert de verdeling van de zonnestraling over de aarde. Let wel, de totale hoeveelheid energie die de aarde ontvangt, blijft constant, maar de verdeling per breedtegraad kan verschillen. Een reeks koude winters hoeft niet vanzelfsprekend een ijstijd tot gevolg te hebben. Het gaat erom dat in gebieden op hoge breedte in de winter meer sneeuw valt dan dat er in de zomer smelt. Er ontstaat dan een reeks van positieve terugkoppelingsmechanismen. De temperatuur daalt verder omdat de albedo van sneeuw groter is dan dat van bos of toendra. Het resultaat is het ontstaan van een ijskap die omhoog, de koudere luchtlagen in, groeit. Hierdoor wordt het weer kouder. De ijskap breidt zich ook zuidwaarts uit: het wordt te koud voor bomen en de toendra kaatst meer zonlicht terug dan bos. Een serie van minder strenge winters met veel neerslag in de vorm van sneeuw, gevolgd door koele zomers, zet dus veel meer zoden aan de dijk. Deze variaties vormen een belangrijk sturend mechanisme in het ontstaan van ijstijden.

Milankovitch

▶ De sterkte van de zonnestraling die een plaats op aarde ontvangt, wisselt. De intensiteit hangt af van het seizoen, maar ook van de veranderende positie van de aarde in haar baan om de zon. De Servische wetenschapper Milankovitch heeft hier onderzoek naar gedaan. Vanwege de ontoegankelijkheid van de Servische taal duurde het tot 1969 voordat zijn bevindingen in het Engels werden gepubliceerd. Volgens de theorie die hij publiceerde in zijn boek 'Canon of Insolation of the Ice-Age Problem' zijn drie cycli verantwoordelijk voor de klimatologische variaties.

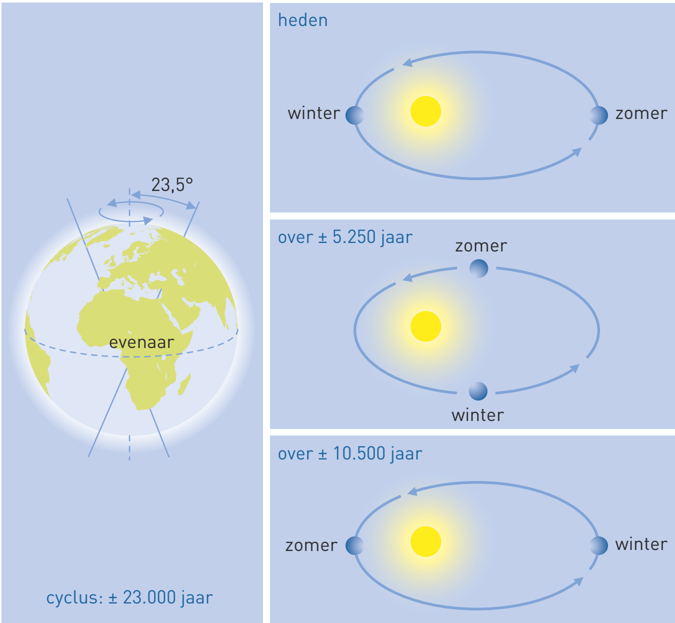
● Scheefstelling: de hoek van de aardas ten opzichte van de baan van de aarde om de zon. Als de aarde rechtop zou staan, zouden er geen seizoenen bestaan. Deze scheefstelling varieert echter in een periode van 41.000 jaar tussen de 21,5° en 24,5°. Momenteel bedraagt de helling 23,5°. Hoe steiler de hoek, hoe groter het verschil tussen zomer en winter (figuur 2.15).

● Excentriciteit: de ellipsvormige baan van de aarde om de zon wisselt om de 100.000 tot 400.000 jaar. Soms is de ellips bijna cirkelvormig, soms meer afgeplat (figuur 2.16).
Momenteel is de baan van de aarde om de zon bijna cirkelvormig. In juli staat de aarde het verst van de zon (152,6 miljoen km) weg en in januari het dichtstbij (147,5 miljoen km). Het verschil van meer dan 5 miljoen km is er verantwoordelijk voor dat de aarde in januari 7% meer zonne-energie ontvangt dan in juli. In tijden waarin de baan van de aarde erg excentrisch is, kan dit verschil oplopen tot tussen de 20 en 30%.



Figuur 2.16 Excentriciteit.

> scheefstelling
> excentriciteit

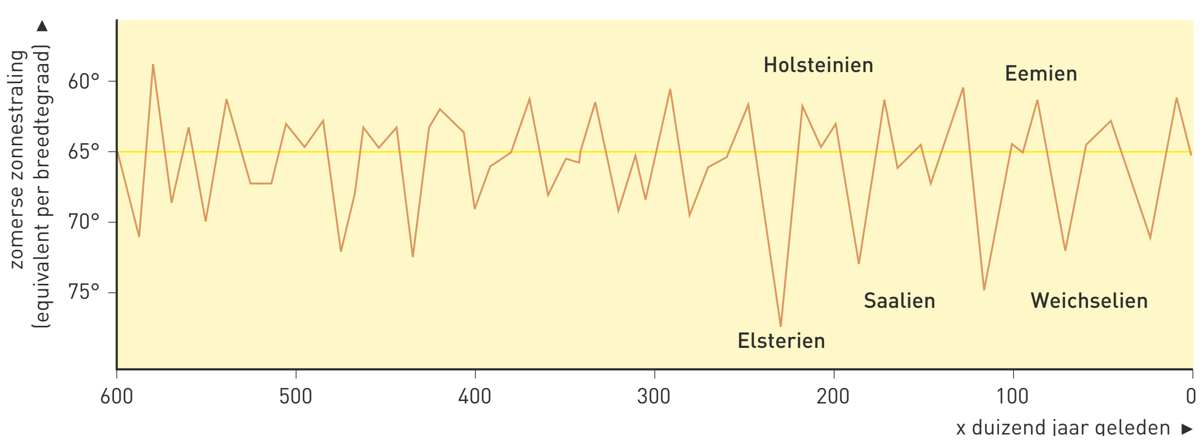


Figuur 2.17 Precessie.

● De minst belangrijke van de drie is de precessie: de schommeling van de aardas. Je kunt de aarde vergelijken met een wiebelende tol die niet helemaal strak om zijn eigen as draait. Dit verschijnsel treedt om de 19.000 tot 23.000 jaar op (figuur 2.17). Precessie heeft tot gevolg dat winter en zomer op een ander punt van de baan van de aarde om de zon worden bereikt. Momenteel staat de aarde tijdens de winter op het noordelijk halfrond het dichtst bij de zon en tijdens de zomer het verst weg. De winter duurt zeven dagen korter dan de zomer. Over ongeveer 10.000 jaar is dat omgekeerd. Dan is het op het noordelijk halfrond winter als de afstand van de aarde tot de zon het grootst is en staat in de zomer de aarde juist dicht bij de zon.

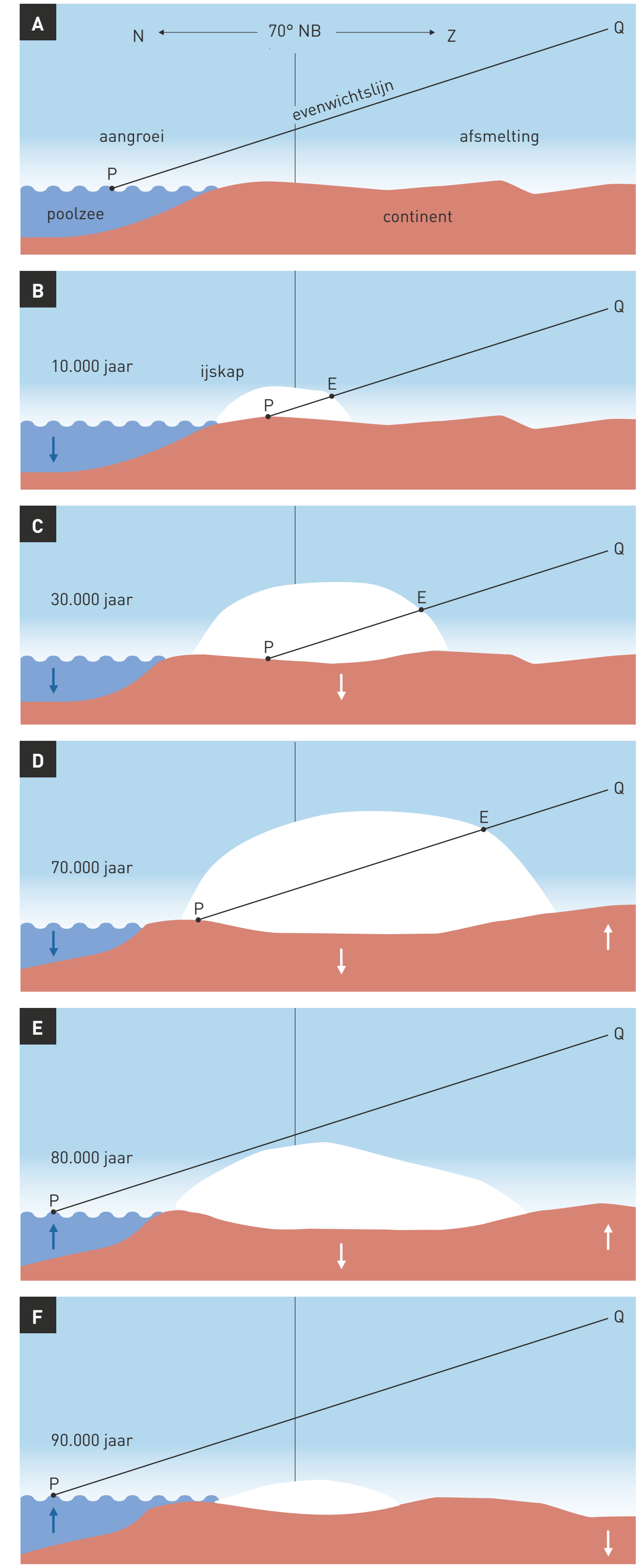
▶ Veranderingen in deze drie grootheden veroorzaken variaties in de hoeveelheid instraling die de aarde ontvangt. In figuur 2.18 zie je het resultaat van al het noeste rekenwerk van Milankovitch. Uitgangspunt in deze grafiek is een plaats die op 65° N.B. ligt. Door de verandering in stralingsdichtheid lijkt het soms of deze plaats op 60° N.B. ligt (warme periode) en soms op 70° N.B. of hoger (ijstijd). De maoximale jaarlijkse variatie aan zonlicht die de aarde ontvangt tussen de uitersten van de Milankovitch-cycli, bedraagt minder dan 0,1%. Dit kleine verschil kan er wel voor zorgen dat de gemiddelde mondiale temperatuur stijgt of daalt met 5 °C. Waarom zulke kleine schommelingen in hoeveelheid ontvangen zonlicht zulke grote temperatuurveranderingen teweeg kunnen brengen, is nog niet duidelijk. Uit computersimulaties blijkt wel dat broeikasgassen hierin een belangrijke rol spelen.

▶ Aan de hand van figuur 2.19 kun je verklaren dat een ijstijd kan ontstaan door kleine veranderingen in de stand van de aardas. De lijn PQ is de sneeuwgrens, het evenwicht tussen het aangroeien en afsmelten van ijs. Tegenwoordig ligt deze bij de evenaar op bijna 5.000 meter en in Noorwegen op ongeveer 1.000 meter. Het aardoppervlak wordt bereikt in de Noordelijke IJszee. Zolang P in zee ligt, kan er geen ijskap worden gevormd. Komt P door een verandering in de stand van de aardas op het continent terecht, dan kan dit wel gebeuren. Dit was bijvoorbeeld het geval aan het einde van het Tertiair, toen de continenten van het noordelijk halfrond hun positie rond de Noordelijke IJszee innamen. De sneeuwgrens lag toen 1.000 meter lager dan nu. De ijskap kon zich uitbreiden, wat leidde tot een daling van de bodem. Hierdoor kwam een groter gedeelte van de ijskap in het afsmeltingsgebied te liggen. Als de stand van de aardas dan weer verandert, zal een nog groter deel van de ijskap afsmelten. Uiteindelijk verdwijnt de ijskap.



Figuur 2.18 De Milankovitch-curve.

> precessie



Figuur 2.19 Groei en afsmelten van een ijskap door veranderingen in de stand van de aardas.

Andere factoren

▶ Variaties in de instraling zijn niet alleen verantwoordelijk voor de ijstijden in het Pleistoceen. Er treden ook nog allerlei positieve en negatieve terugkoppelingsmechanismen op. Het klimaat wordt ook bepaald door winden, neerslag, verdamping en zeestromen.

● Gedurende de ijstijden was 25% van het landoppervlak bedekt met ijs, tegenover 10% nu. De zeespiegel stond toen dan ook 120 meter lager dan nu. In die tijd zat Australië via een landbrug vast aan Nieuw-Guinea en stonden de Adriatische Zee en de Chinese Zee droog. Het huidige patroon van zeestromen, zoals je hebt kunnen lezen in hoofdstuk 1, was totaal anders. Er is geconstateerd dat dit stromingspatroon in ieder geval in de laatste ijstijd niet heeft bestaan. De Golfstroom kwam maar tot Portugal. Er werd dus geen warmte naar onze breedtegraad vervoerd.

● Ook vulkanische activiteit heeft invloed op de temperatuur. Bij grote uitbarstingen zoals die van de Krakatau (Indonesië, 1883) en de Pinatubo (Filipijnen, 1991) kunnen stofdeeltjes zelfs tot in de stratosfeer worden uitgestoten. Deze deeltjes blijven een paar jaar in de dampkring en reflecteren het zonlicht. Het aardoppervlak wordt daardoor koeler.



Figuur 2.20 Uitbarsting van de Mount St. Helens in de Verenigde Staten.

Opdrachten 2.3

Deelvraag

5 Wat zijn de sturende mechanismen achter de ijstijden in het Pleistoceen?

Opdracht 22

Bestudeer paragraaf 2.3 en bekijk de bijbehorende figuren.

Opdracht 23 Zomertemperatuur K/I

Bekijk figuur.

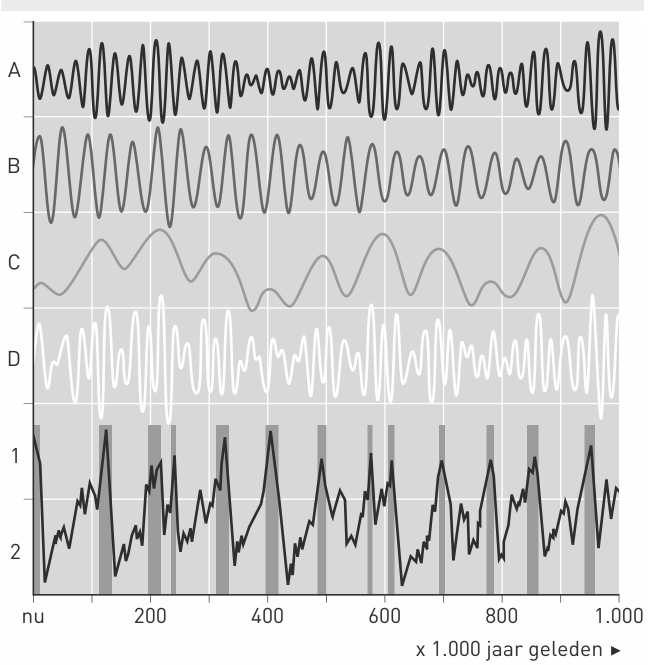
a Welke relatie tussen de gemiddelde zomertemperatuur en de gemiddelde zeespiegelhoogte is uit de figuur af te lezen?
b Welke periode was de koudste in het Pleistoceen?

Opdracht 24 Milankovitch K/I

Bekijk de figuren 2.15 tot en met 2.18 en gebruik W13.

a Neem de letters A t/m C over en zet de juiste omschrijving erachter. Kies uit excentriciteit, precessie en scheefstelling.
b Met welke figuur in je studieboek komt de grafiek naast de letter D overeen?
c Wat laat deze grafiek zien?
d Neem de letters 1 en 2 over en zet de juiste woorden erachter. Kies uit: glaciaal en interglaciaal.

W13 Milankovitch-variabelen.



Opdracht 25 Nogmaals Milankovitch I

Bekijk nogmaals figuur 2.15 t/m 2.18.

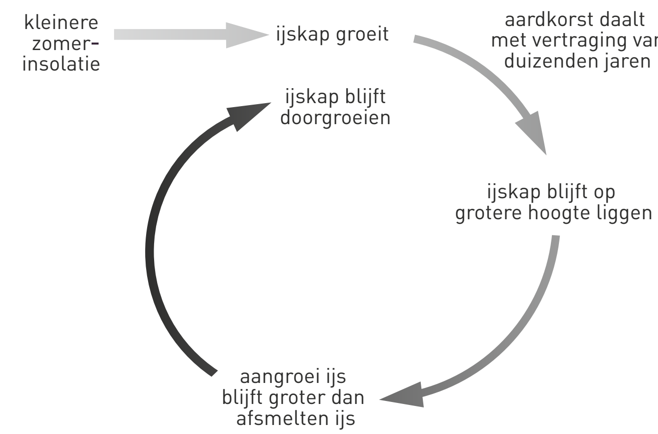
a Wat kun je zeggen over de zomers en de winters op het noordelijk halfrond als de aarde 's zomers op het noordelijk halfrond het dichtst bij de zon staat en 's winters de afstand tussen de zon en de aarde het grootst is? Leg je antwoord uit.
b De aarde ontvangt in januari 7% meer zonne-energie dan in juli. Leg uit hoe het dan kan dat de gemiddelde temperatuur op aarde in juli juist hoger is dan in januari.
c Wat gebeurt er met de instraling als de scheefstelling ten opzichte van het aardvlak van een minimum naar een maximum gaat?

Opdracht 26 Evenwichtslijn I VERDIEPING

Gebruik figuur 2.19.

a Welke temperatuur mag je gemiddeld bij de evenwichtslijn PQ verwachten?
b Wat groeit er boven de lijn en wat smelt er onder de lijn af?
c Wat gebeurt er met de ligging van de lijn PQ door een verandering in de stand van de aardas?
d Hoe lang duurt het ongeveer voordat de aardas weer in zijn oorspronkelijke stand staat?
e In tekening B van figuur 2.19 ligt punt P op het land. Waardoor begint zich nu een ijskap te vormen?
f In tekening C van figuur 2.19 ligt punt P nog steeds op dezelfde plaats als in tekening B. Toch breidt het landijs zich uit naar het zuiden. Hoe komt dat?
g Links in de tekeningen geven pijltjes aan wat er gebeurt met de hoogte van de zeespiegel. Beschrijf en verklaar de veranderingen.
h Wat gebeurt er met de aardkorst onder de ijskap?
i Tussen het begin van de vorming van de ijskap (tekening B) en de maximale uitbreiding (tekening D) ligt ongeveer 60.000 jaar. Verklaar dit met behulp van W14.

W14 Terugkoppeling tussen het aangroeien van landijs en het dalen van de aardkorst.

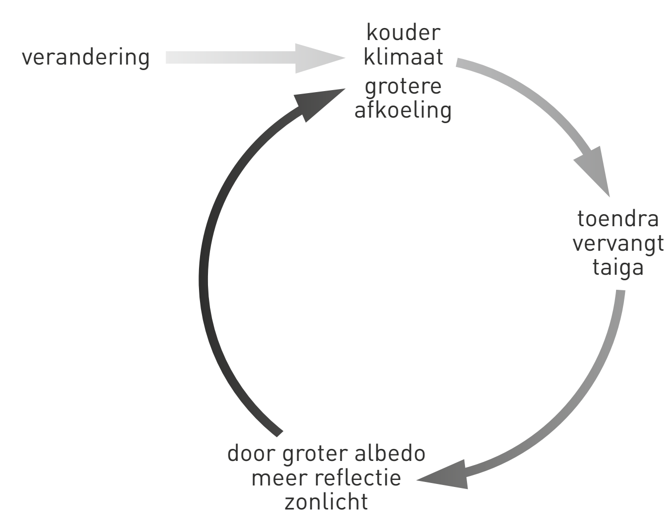


Opdracht 27 Verandering door vegetatie I

Bekijk W15.

a Beschrijf in je eigen woorden wat in figuur W15 wordt afgebeeld.
b Is hier sprake van een negatieve of een positieve terugkoppeling?
c Bedenk zelf een positieve terugkoppeling die optreedt tussen een warmer wordend klimaat en de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer.

W15 Terugkoppeling tussen vegetatie en klimaat.



Opdracht 28 Vulkaanas K/I

Lees de volgende stelling.
'Naarmate het uitgeworpen materiaal bij grote vulkaanuitbarstingen hoger in de dampkring terechtkomt, wordt het mondiale effect van zo'n vulkaanuitbarsting op de temperatuur op aarde groter.'

a Welk mondiaal effect wordt bedoeld?
b Beredeneer in twee stappen waardoor dit effect ontstaat.

Opdracht 29 Terugblik op paragraaf 2.3

Noteer in je eigen woorden de betekenis van de begrippen uit deze paragraaf.

Online extra

Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.



2.4 Reconstructie van klimaten uit het verleden

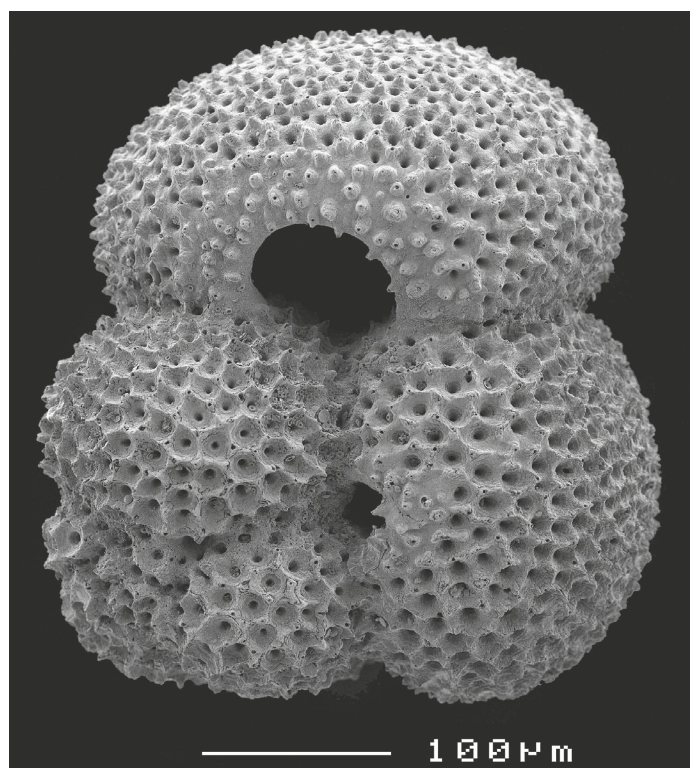
Aanpassing aan de omstandigheden

'Fossiele schelpen laten zien dat het Amazonegebied al zeventien miljoen jaar dezelfde afwisseling van droge en natte seizoenen heeft. Geen wonder dat daar veel verschillende soorten planten en dieren voorkomen. Ze hebben alle tijd gehad om zich aan de omstandigheden aan te passen. Nederland was 15.000 jaar geleden nog een toendra. Niet zo gek dus dat onze meest exotische vogel de pimpelmees is,' aldus paleoklimatoloog Simon Troelstra in het blad 'Geografie'.

Vroeger

▶ Kennis over vroegere klimaatveranderingen op aarde geeft inzicht in de huidige veranderingen. De paleoklimatologie is een wetenschap in opkomst. Vanuit diverse invalshoeken – zoals de sterrenkunde, de meteorologie, de geologie en de biologie – probeert deze wetenschap inzicht te krijgen in de vroegere klimaten op aarde en de mechanismen die veranderingen hebben veroorzaakt. Maar helaas, hoe verder je teruggaat in de geologische tijd, hoe minder gedetailleerd de gegevens worden.

▶ Om klimaten uit het verleden te reconstrueren, worden diverse methoden gebruikt. Voor veel van deze methoden geldt dat de uitkomsten van de metingen niet zo nauwkeurig zijn als



Figuur 2.21 Kalkskeletjes van ongeveer 0,5 mm.

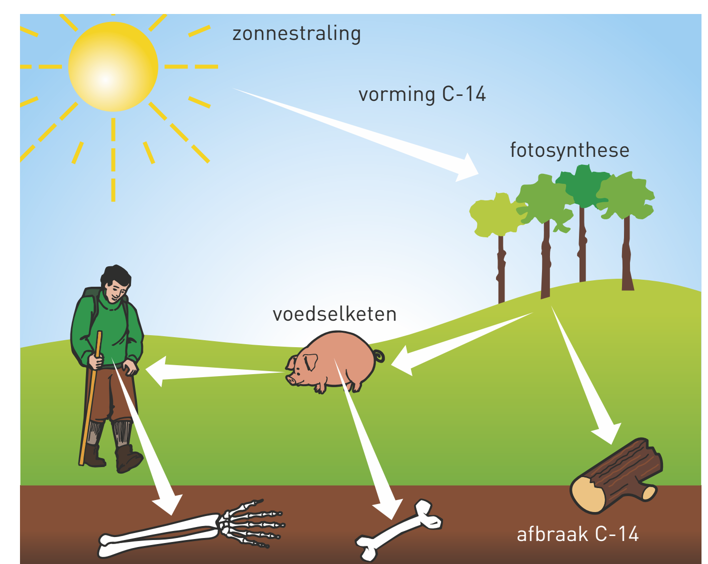
bij de tegenwoordige metingen. Ze werken vaak met proxy-indicatoren. Deze indicatoren zeggen indirect iets over het klimaat in het verleden.

> paleoklimatologie

> proxy-indicatoren

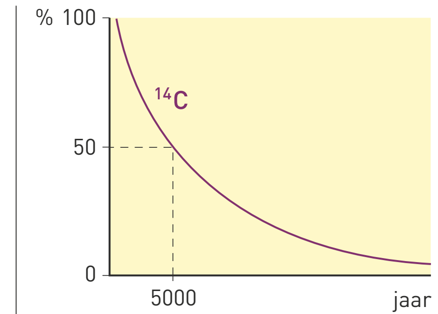
● Boringen in oceaanbodems zorgen voor een schat aan informatie over het klimaat van tientallen miljoenen jaren geleden. Door te kijken naar de isotopen van bepaalde elementen in sedimenten en fossielen kan de afwisseling van warmere en koudere perioden worden vastgesteld. Isotopen zijn atomen met dezelfde chemische eigenschappen, maar met verschillende atoomgewichten. Bijna 99,8% van alle zuurstof op aarde is ^{16}O. ^{18}O is veel zeldzamer en is zwaarder doordat het twee extra neutronen heeft. Hierdoor verdampt het minder snel dan ^{16}O. De organismen die in de oceanen leven, slaan zuurstof op in hun kalkskeletten. Ze doen dat in dezelfde verhouding als in het zeewater. In een warme tijd zijn ze dus rijker aan ^{16}O. Door de verhouding ^{16}O-^{18}O in kalkhoudende fossiele resten te meten, kunnen wetenschappers het klimaat van vroeger reconstrueren.

Deze manier van onderzoek wordt ook toegepast bij boringen in de ijskappen van bijvoorbeeld Groenland en Antarctica. In 2004 wist men een boorkern van meer dan 3 km uit Antarctica naar boven te halen. Hoewel de datering nog niet af is, is het hiermee mogelijk om het klimaat te bepalen tot 400.000 jaar geleden. In glaciale perioden is veel neerslag vastgelegd in de vorm van ijs. In de ijskristallen is vooral de lichtere ^{16}O-isotoop aanwezig. Bij een geringe verdamping van water is de gevormde waterdamp namelijk vooral verrijkt met ^{16}O. In het zeewater blijft dus relatief veel van de zwaardere ^{18}O-isotoop over. Als je veel van deze isotoop aantreft in kalkskeletten van zeeorganismen of in zeewater, duidt dat dus op een koudere periode.



Figuur 2.22 Opname en afbraak van koolstof.

> isotopen



Figuur 2.23 Halfwaardetijd van ^{14}C.

● De ^{14}C-methode wordt gebruikt om de ouderdom van organisch materiaal te bepalen. De methode is gebaseerd op het gegeven dat het gehalte aan de radioactieve koolstofisotoop, ^{14}C, ongeveer constant is in de lucht, maar door radioactief verval afneemt in dood materiaal. De halfwaardetijd van ^{14}C is 5.736 jaar. Dit houdt in dat na 5.736 jaar de helft van alle C verdwenen is. Na ongeveer 60.000 jaar is dus alle ^{14}C verdwenen. Door het ^{14}C-gehalte in het materiaal te bepalen en te vergelijken met een via onderzoek opgestelde ijkschaal, berekent men de ouderdom.

● Op de grens van de fysische geografie en de geologie ligt het vakgebied geomorfologie. Deze wetenschap legt zich toe op de beschrijving en de verklaring van de vormen in het landschap, zoals rivierdalen, berghellingen en kusten. Ook de geomorfologie heeft aanwijzingen opgeleverd voor vroegere klimaten. Een duidelijk voorbeeld is de aanwezigheid van stuwwallen, zwerfstenen en keileem in het Nederlandse landschap. Deze tonen niet alleen aan dat ons land ooit deels met ijs was bedekt, maar ook op welke manier.

Je vindt ook aanwijzingen door oude bodems te onderzoeken. De fysische en chemische samenstelling van bodems wordt immers mede bepaald door de atmosferische omstandigheden waaronder zij zijn gevormd. Lössafzettingen duiden bijvoorbeeld op glaciale perioden of een woestijnklimaat.

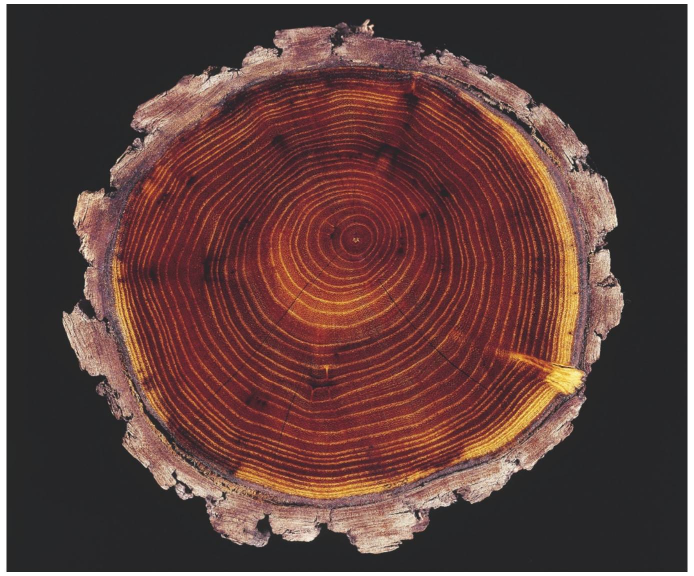
● Naarmate je dichter bij de huidige tijd komt, spelen andere technieken om gegevens te verkrijgen over de klimatologische omstandigheden een rol en neemt de nauwkeurigheid toe. Twee van de meest gebruikte technieken voor het bepalen van het klimaat tijdens het Holoceen zijn de pollenanalyse (palynologie) en het onderzoeken van de jaarringen van bomen (dendrochronologie). Stuifmeelkorrels van bomen,

> ^{14}C-methode

> geomorfologie

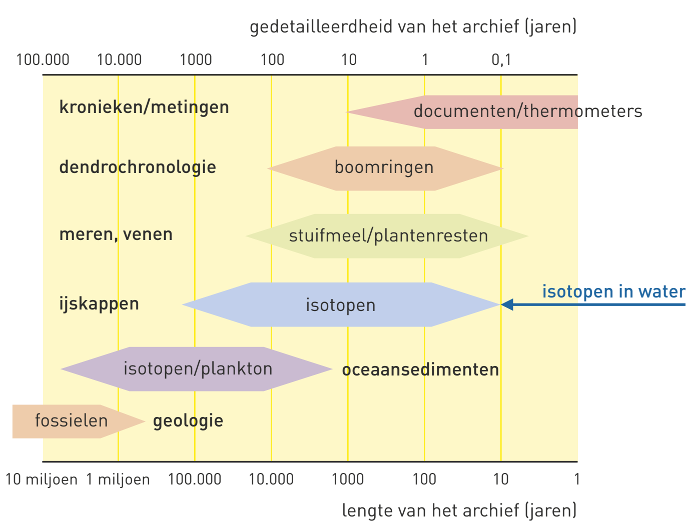
> palynologie

> dendrochronologie



Figuur 2.24 Jaarringen van bomen: hoe dikker de jaarring, hoe warmer en natter het klimaat.

struiken en planten blijven goed bewaard, omdat ze een wasachtig beschermend laagje hebben. De pollen van elke plant komen in groten getale voor, blijven goed bewaard en zijn allemaal anders van vorm. Door het tellen van de pollen van diverse vegetatiesoorten kun je veranderingen in de begroeiing vaststellen en dus ook veranderingen van het klimaat. Hierbij moet je er wel rekening mee houden dat pollen door de wind op een andere plek kunnen zijn terechtgekomen. Ook is het mogelijk dat ze uit oudere afzettingen zijn geërodeerd en opnieuw zijn afgezet in jongere sedimenten.



Figuur 2.25 Onderzoeksmethoden voor klimaten in het verleden.

Bij het analyseren van jaarringen kun je ongeveer 11.000 jaar teruggaan. De dikte van de jaarringen geeft aanwijzingen over de klimatologische omstandigheden waaronder de bomen zijn gegroeid. Het blijkt dat met name de variaties in neerslaghoeveelheden van invloed zijn, meer nog dan temperatuurveranderingen.

● Bij het onderzoek naar het klimaat van de laatste paar duizend jaar kun je historische bronnen gebruiken. Bij gletsjers zie je soms bordjes staan met de tekst 'In 1980 lag de gletsjer tot hier'. Een instituut als het KNMI werd in 1854 opgericht door de inmiddels bekende wetenschapper Buys Ballot. Al meer dan 150 jaar worden er dus gegevens over het klimaat verzameld. Ook bij historische bronnen geldt: hoe ouder de bronnen, hoe minder betrouwbaar ze zijn.



Figuur 2.26 Afsmelten van een gletser in de Jacabambavallei, Peru.

Opdrachten 2.4

Deelvraag

6 Hoe worden klimaatveranderingen uit het verleden gereconstrueerd?

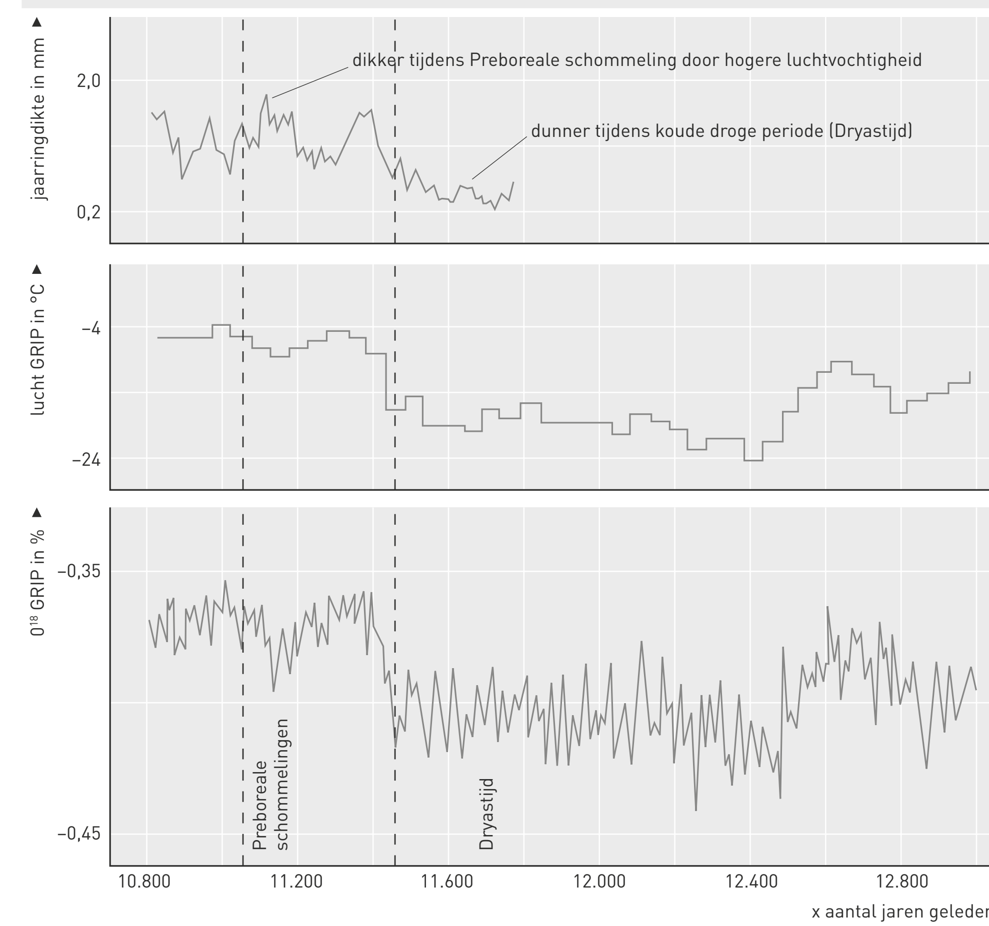
Opdracht 30

Bestudeer de theorie van paragraaf 2.4.
Deze paragraaf leent zich uitstekend tot het maken van een schematisch overzicht.

Opdracht 31 Paleoklimatologie K

a Wat is het werkterrein van de paleoklimatologie?
b Waar gaat de meeste aandacht naar uit in de paleoklimatologie?
Kies uit neerslag, luchtvochtigheid, temperatuur, wind.

W16 Klimaatreconstructie (GRIP = Greenland Icecore Project).



Opdracht 32 Klimaatreconstructie I

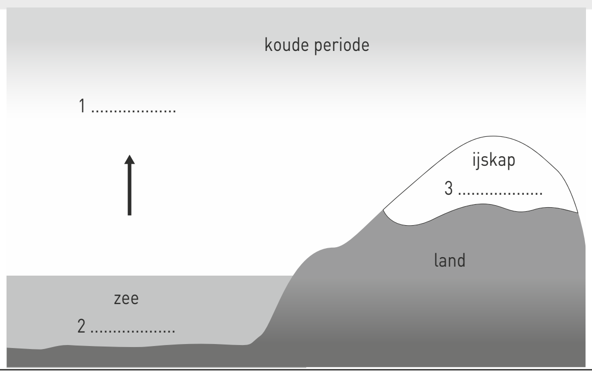
Bekijk W16.
Bekende methoden om de temperatuur in het verleden te bepalen, zijn de dendrochronologie en de palynologie.
a Waarom worden deze twee methoden niet gebruikt voor de bepaling van de temperatuur in zeer oude geologische perioden?
b Verklaar met behulp van W16 het verband tussen de loop van de temperatuur en de dikte van de boomringen.
c Verklaar met behulp van W16 dat de curve van de zuurstofisotoop tegenovergesteld loopt aan die van de boomringen.

Opdracht 33 $^{16}O/^{18}O$ I

Bekijk W17 en neem de cijfers 1 t/m 3 over. Zet achter elk cijfer de juiste omschrijving.

a Vul bij 1 in of er relatief meer ^{16}O of ^{18}O verdampt.
b Vul bij 2 in of er relatief meer ^{16}O of ^{18}O achterblijft in de sedimentgesteenten in de oceaan.
c Vul bij 3 in of er relatief meer ^{16}O of ^{18}O wordt aangetroffen bij de boring in een ijskap die in deze tijd is gevormd.

W17 ^{16}O-^{18}O-isotoop.



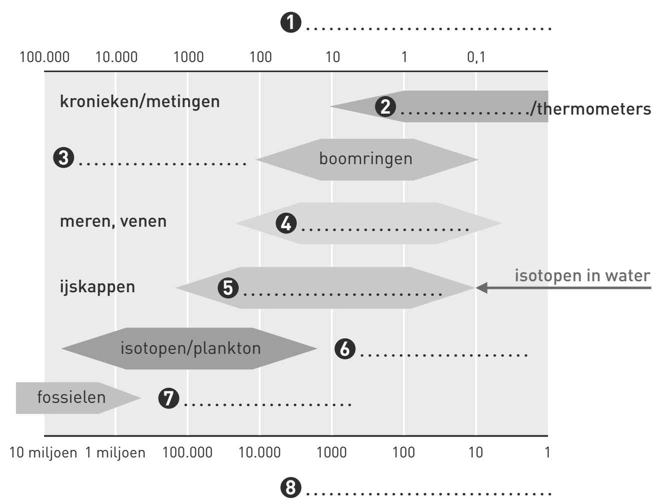
Opdracht 34 Terugblik op paragraaf 2.4

Bekijk W18 en neem de cijfers 1 t/m 8 over. Zet achter elk cijfer de juiste omschrijving.
Kies uit: isotopen, gedetailleerdheid van het archief in jaren, geologie, palynologie, lengte van het archief in jaren, dendrochronologie, documenten en oceaansedimenten.

Online extra

Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.

W18 Onderzoeksmethoden naar klimaten in het verleden.



Afsluiting

Slotopdracht

Professor Salomon Kroonenberg (TU Delft) is vaak sceptisch over de rol die wordt toegedicht aan de mens als het gaat om klimaatverandering. Luister naar zijn argumenten, ga naar*www.nos.nl*, klik op *video & audio* en vul in de bovenste balk *Kroonenberg* in. Klik daarna op de link naar het gesprek.*

Leeroverzicht

Na bestudering van dit hoofdstuk en het maken van de opdrachten:

- ❍ ken je de begrippen van dit hoofdstuk;
- ❍ kun je de deelvragen en de hoofdvraag beantwoorden;
- ❍ kun je uitleggen dat platentektoniek een conditionele voorwaarde was voor het ontstaan van klimaatveranderingen in het Perm en het Krijt;
- ❍ kun je verbanden leggen tussen de klimaatveranderingen in het Perm, het Krijt en het Pleistoceen en de daling of stijging van de zeespiegel;
- ❍ kun je de aanwezigheid van steenkool, zout en aardgas in de Nederlandse ondergrond verklaren;
- ❍ kun je voorbeelden geven van plotselinge catastrofale klimaatveranderingen in het geologische verleden;
- ❍ kun je door gebruik te maken van de Milankovitch-variabelen het ontstaan van ijstijden verklaren;
- ❍ ken je andere sturende mechanismen die ook meespelen bij het ontstaan van ijstijden;
- ❍ ken je manieren om klimaten uit het verleden te reconstrueren;
- ❍ kun je voorbeelden geven van positieve en negatieve terugkoppelingsmechanismen bij het opwarmen of afkoelen van het klimaat.

Begrippen

actualiteitsprincipe, ^{14}C-methode, convectiestroom, dekgesteente, dendrochronologie, excentriciteit, geomorfologie, glaciaal, interglaciaal, isotoop, paleoklimatologie, palynologie, Pangea, precessie, proxy-indicatoren, reservoirgesteente, scheefstelling, seafloor spreading.

* Voor links in opdrachten kun je ook terecht op www.degeo-online.nl

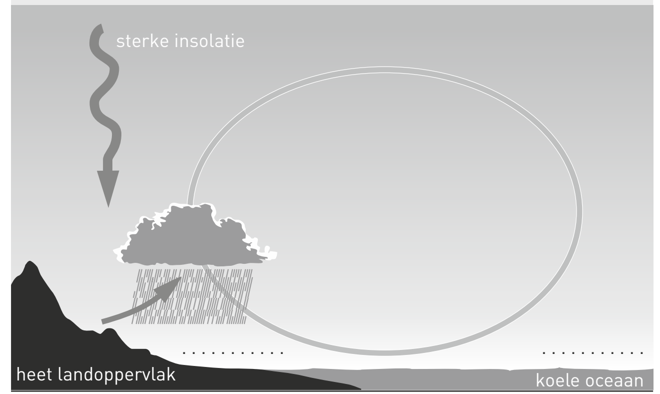
Extra Casus
Wisselende sterkte zomermoesson

Wisselende sterkte van de zomermoesson in Afrika I/V
De zone met de laagst gemeten luchtdruk (ITC) beweegt in de tropen mee met de zon en ligt in juli noordelijker dan in januari. Boven de continenten is die verschuiving het sterkst doordat daar de tegenstellingen tussen zomer- en wintertemperatuur het grootst zijn. Die verschuiving is vooral opvallend boven Afrika en Zuid-Azië. Daar ontstaan boven het vasteland in de zomer lagedrukgebieden die lucht aanzuigen vanuit zee. Deze aanlandige moessons brengen in de zomer veel neerslag. In de winter herstelt het beeld van de passaten zich weer.

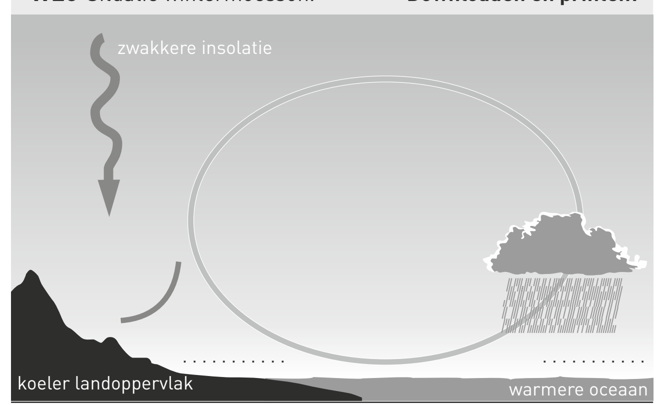
In deze opdracht onderzoek je samen met een paar medeleerlingen in hoeverre in het verleden variaties in de insolatie (hoeveelheid zonne-energie die het aardoppervlak bereikt) verantwoordelijk zijn geweest voor fluctuaties in de intensiteit van de zomermoesson. Het gevolg van deze verschillen in intensiteit is dat 10.000 jaar geleden de Sahara een grassteppe was met grote rivieren en meren.
De opdracht duurt 50 tot 75 minuten. Lees voordat je aan de opdracht begint in het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' de tekst onder 5 'Stappenplan geografisch onderzoek'.

Opdracht 1
- a Geef in W19 en W20 met + en – de hoge- en lagedrukgebieden aan.
- b Geef met pijlen aan hoe de winden hier waaien.
- c Benoem deze winden.
- d Leg uit waarom de moesson in de zomermaanden nat is.

W19 Situatie zomermoesson. **Downloaden en printen!**

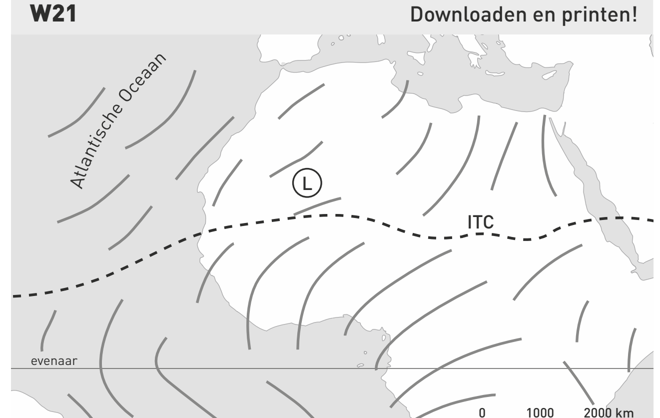


W20 Situatie wintermoesson. **Downloaden en printen!**

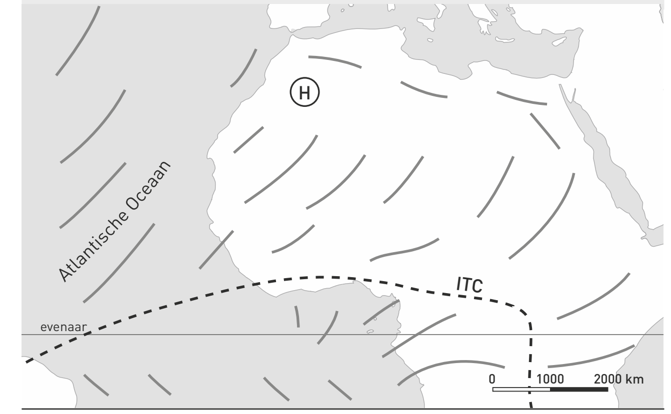


Opdracht 2
Je zoomt nu in op Afrika.
- a Waar zie je een zomermoesson, op W21 of op W22?
- b Teken in W21 en W22 de winden die waaien, en benoem ze.

W21 **Downloaden en printen!**

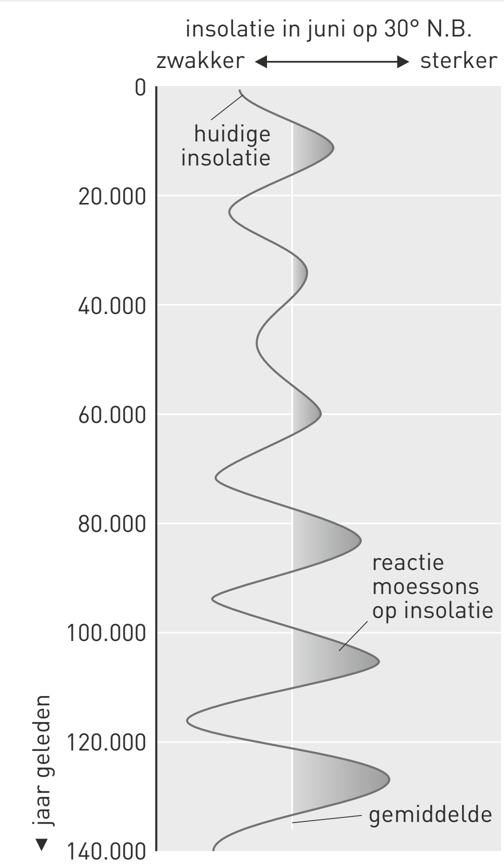


W22 **Downloaden en printen!**



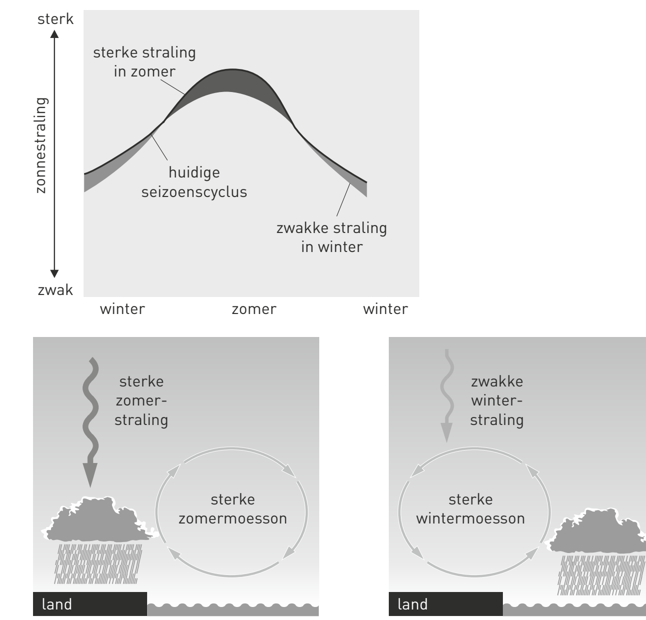
Opdracht 3
Bekijk W23.
- a Wat lees je af voor de insolatie in de maand juni?
- b Met welke cyclus vindt dit plaats?
- c Waar valt deze cyclus mee samen? (Denk aan Milankovitch!)

W23 Relatie tussen de stralingsintensiteit van de zon en de sterkte van de moessons.

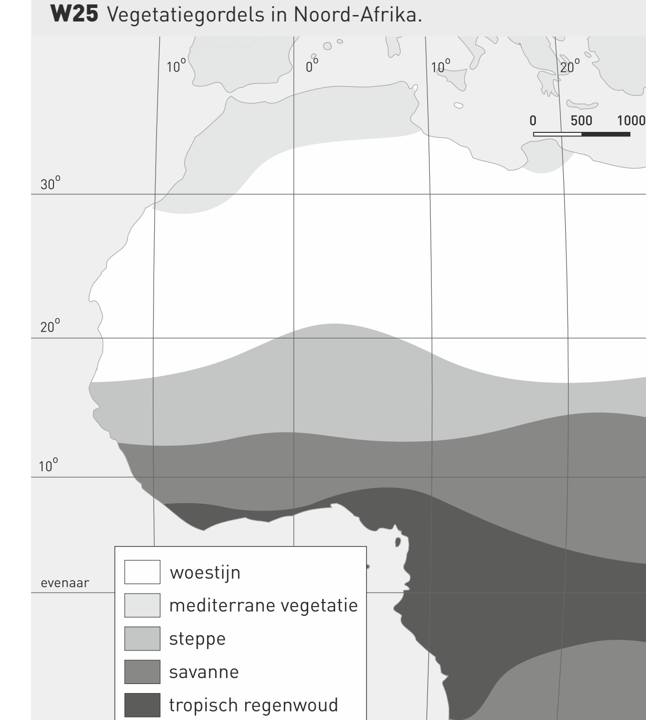


Opdracht 4
- a Leg met behulp van W24 en W25 uit wat deze cyclus in insolatie in perioden met een grotere instraling voor gevolg heeft voor de intensiteit (sterkte) van de moesson in Noord-Afrika.
- b Wat is hiervan het gevolg voor de vegetatiegordels in de Sahara?

W24



W25 Vegetatiegordels in Noord-Afrika.



Opdracht 5

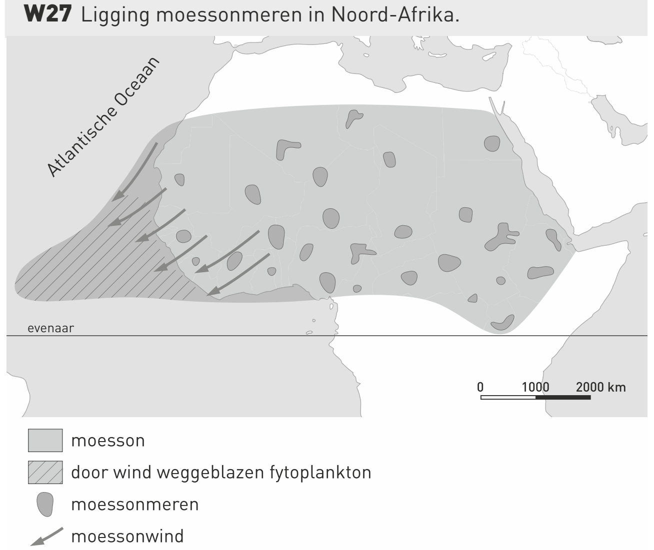
Lees W26 en bekijk W27.

a Waaruit is het fytoplankton afkomstig?
b Welke transportkracht heeft ervoor gezorgd dat het fytoplankton in de oceanische sedimentlagen is terechtgekomen?
c Werd het fytoplankton tijdens een moessonperiode met een grote of met een kleine intensiteit in de oceaan afgezet? Verklaar je antwoord.
d Stel een juiste hypothese op voor het vóórkomen van zoetwater fytoplankton in oceanische sedimentlagen en de moessoncyclus.
e Formuleer een onderzoeksvraag waarmee je jouw hypothese kunt toetsen.

W26 Fytoplankton.

Eén van de wetenschappelijke bewijzen voor het feit dat in het verleden variaties in de insolatie verantwoordelijk zijn geweest voor veranderingen in de intensiteit van de zomermoesson, is het vóórkomen van een soort fytoplankton (plankton dat voor de energievoorziening afhankelijk is van fotosynthese) in sedimentlagen in de Atlantische Oceaan ten westen van Noord-Afrika. Deze planktonsoort komt namelijk alleen voor in zoet water en niet in de oceanen.

W27 Ligging moessonmeren in Noord-Afrika.

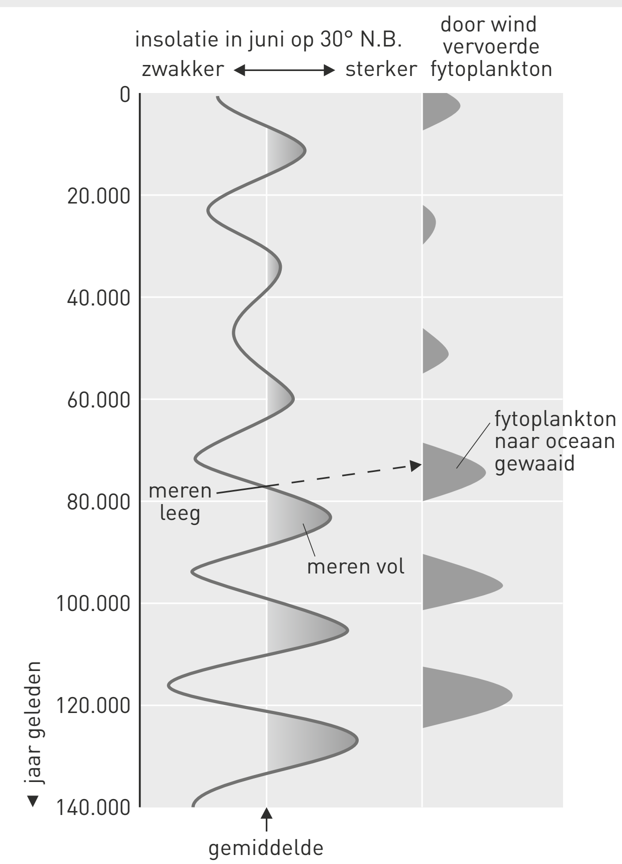


Opdracht 6

Iemand die onderzoek doet naar het vóórkomen van fytoplankton en de oceanische sedimentlagen heeft de volgende hypothese opgesteld:
'De ouderdom van de oceanische sedimentlagen met fytoplankton varieert met 23.000 jaar.'

a Beoordeel met behulp van W28 de juistheid van deze hypothese.
b Wat valt je op in W28 als je de ouderdom van deze sedimentlagen vergelijkt met de cyclus van de sterke moessons?
c Geef hier een verklaring voor.

W28 Tijdstip afzettingen fytoplankton in Atlantische Oceaan.



Proeftoets

Extra toets
Je kunt bij dit hoofdstuk ook een proeftoets maken op www.degeo-online.nl.

Opgave 1 Even opwarmen

1 Welke begrippen horen bij de volgende omschrijvingen?
 I De wetenschap die zich met fossiele stuifmeelkorrels en sporen van mossen en varens bezighoudt.
 II De warmtestraling van het door de zon verwarmde aardoppervlak wordt gedeeltelijk geabsorbeerd door een aantal gassen in de atmosfeer.
 III De verhouding van de grote en de kleine straal van de elliptische aardbaan.

Opgave 2 Datering

Gebruik bron 1.

2 Neem de letters A en B over op je antwoordblad en zet er op de juiste plaats de woorden warmer en kouder achter.

3 Waarom worden in de figuur alleen maar de 0-gradenlijn en de woorden warmer en kouder genoemd?

4 Op basis van welk soort onderzoek kun je uitspraken doen over de temperatuur in het Precambrium?

5 Welke van de onderstaande methoden van onderzoek is geschikt om vulkaanuitbarstingen tot maximaal 50.000 jaar geleden te dateren?

Kies uit één van de volgende methoden van onderzoek:
- $^{16}O/^{18}O$,
- reliëfanalyse en sedimentologie,
- pollenanalyse/palynologie,
- vaststellen breedte jaarringen,
- ^{14}C-methode.

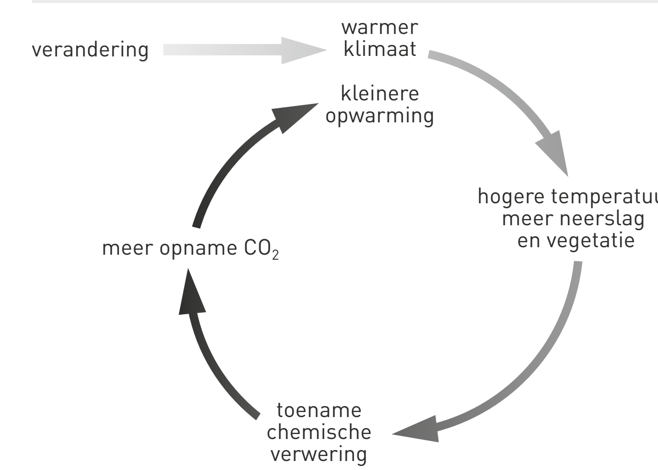
Opgave 3 Positieve of negatieve feedback

Gebruik bron 2.

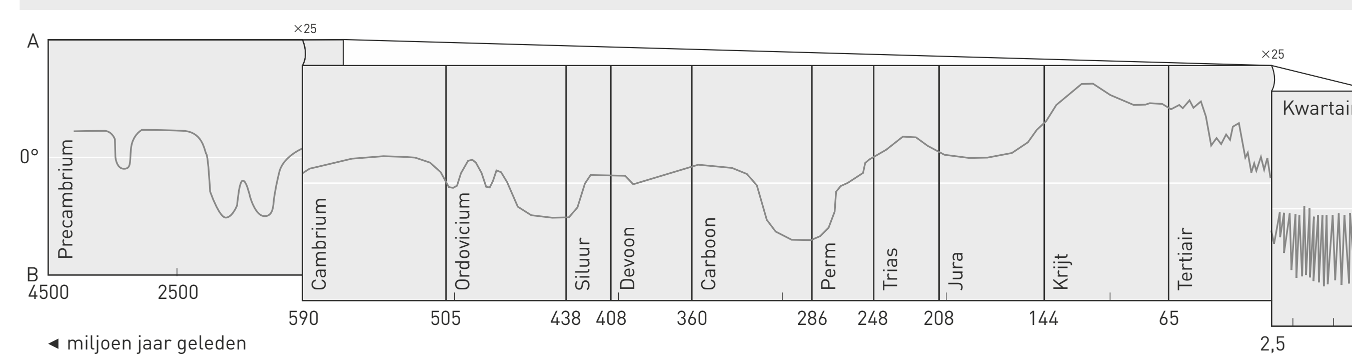
8 Is hier sprake van een negatieve of een positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.

9 Teken een gelijksoortig schema waarin je de relatie tussen chemische verwering en afkoeling van het klimaat zet.

Bron 2



Bron 1 Ontwikkeling van het klimaat in (°C) sinds het Precambrium.



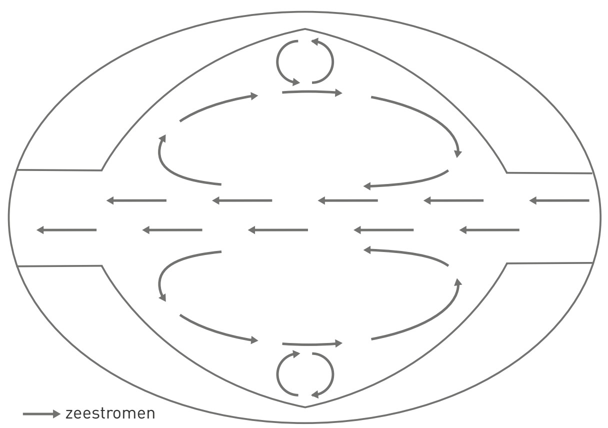
Opgave 4 Zeestromen in het Krijt

Gebruik de bronnen 3, 4 en je atlas.

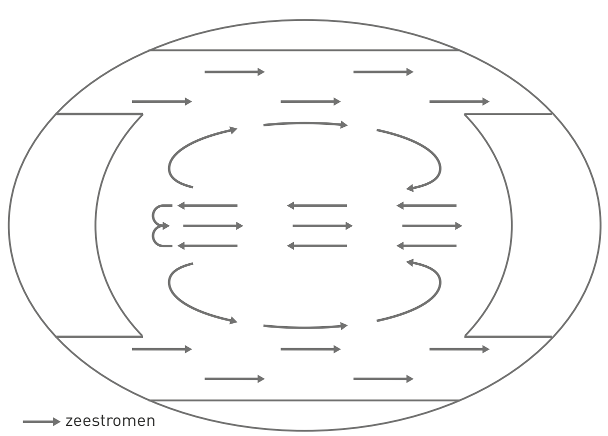
6 Welke van de twee bronnen geeft het patroon van de zeestromen in het Krijt aan?

7 Licht je antwoord toe door gebruik te maken van GB 193A.

Bron 3



Bron 4



Opgave 5 Aardgas in Groningen

Gebruik bron 5.

In 1959 werd in het Groningse plaatsje Slochteren één van de grootste aardgasvelden ter wereld ontdekt. De totale oorspronkelijke winbare gasvoorraad van het gasveld van Slochteren bedroeg naar schatting 2.700 miljard m³. Deze aardgasvoorraad is te danken aan de bijzondere geologische omstandigheden van dit gebied. In de perioden waarin de lagen A en C (bron 5) gevormd zijn, waren de klimaatomstandigheden ter plekke anders dan nu.

10 Noteer op je antwoordblad de letters A en C en schrijf erachter welk klimaattype er toen in dat gebied overheerste.

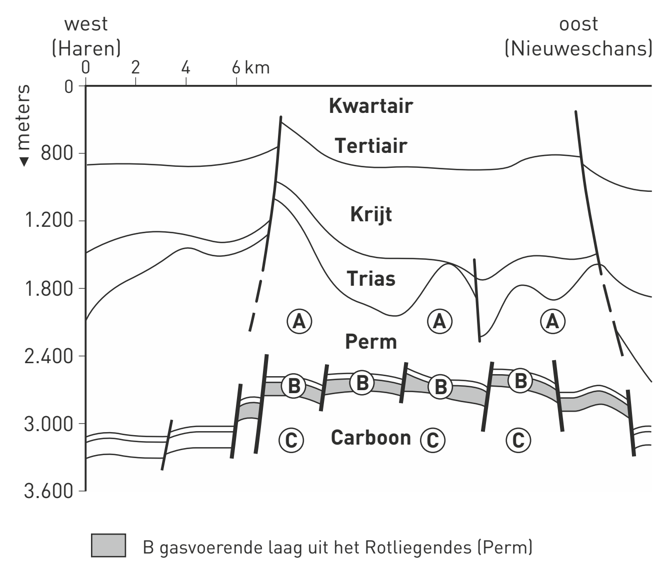
11 Welke eigenschap van gesteentelaag B is van belang voor de aanwezigheid van aardgas in deze laag?

12 Welk gesteente in de ondergrond is het brongesteente van het aardgas?

In de loop van de geologische geschiedenis heeft zich onder laag A een enorme aardgasvoorraad opgehoopt.

13 Wat is de oorzaak van deze ophoping?

Bron 5 Het Groningse aardgas.



Opgave 6 Verbindingen tussen continenten

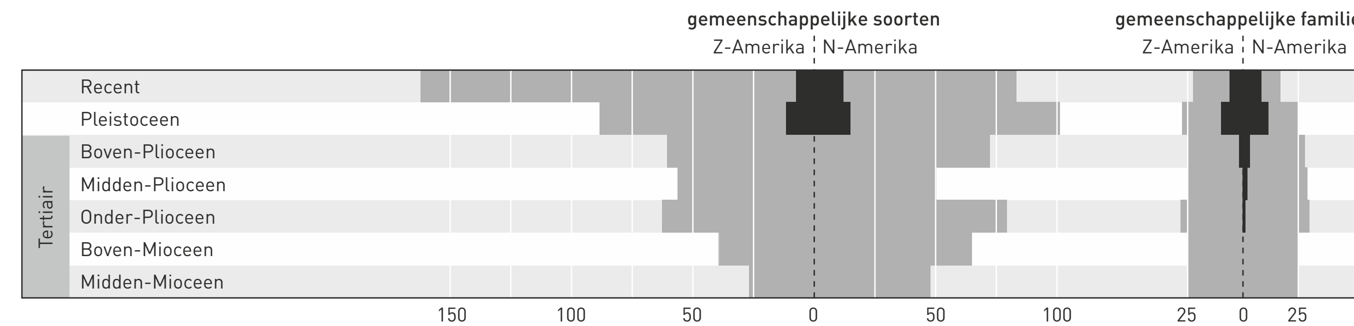
Gebruik de bronnen 6 en 7 en GB 192E en 193A.

14 Vanaf welk tijdperk wordt de overeenkomst tussen de verschillende zoogdieren plotseling veel groter?

15 Verklaar dit met behulp van GB 193A.

16 Hoe kun je uit bron 7 afleiden dat deze de situatie in het Kenozoïcum weergeeft en niet die in het begin van het Mesozoïcum?

Bron 6 Barrières en verbindingszones tussen de continenten gedurende het Kenozoïcum.



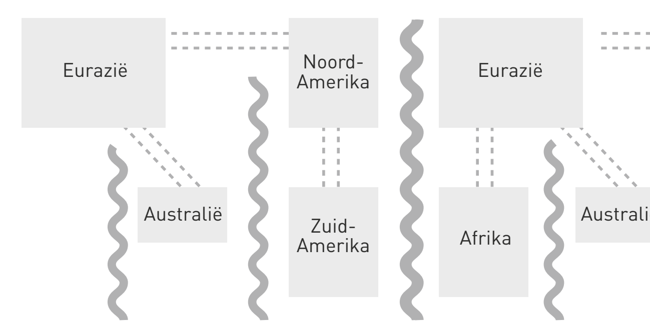
Geef een verklaring voor de tijdelijke verbindingen tussen de continenten die bron 7 weergeeft, en dan met name de verbindingen tussen Europa/Azië en Noord-Amerika en tussen Europa/Azië en Australië.

17 Gebruik in je antwoord twee atlaskaarten (nummer en titel).

Stelling: 'In de komende paar honderd jaar komt er geen omvangrijke natuurlijke uitwisseling van landdieren tussen bijvoorbeeld Australië en Zuidoost-Azië.'

18 Geef een argument voor deze stelling.

Bron 7 Vergelijking van de zoogdierfauna van Noord- en Zuid-Amerika.



Opgave 7 Milankovitch

Gebruik de bronnen 8 en 9.

De drie cycli van Milankovitch die verantwoordelijk zijn voor klimatologische variaties, staan afgebeeld in bron 8.

19 Neem de cijfers 1 t/m 3 over op je antwoordblad en zet erachter welke cycli worden bedoeld.

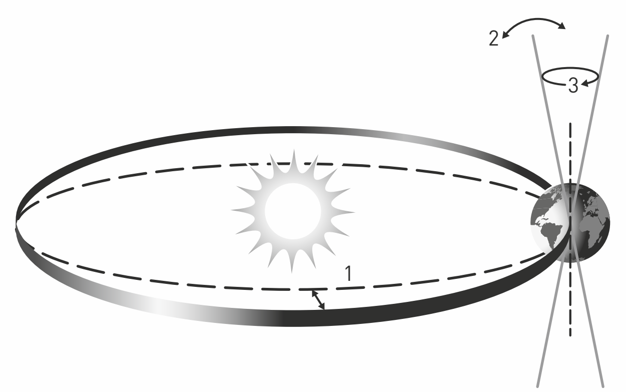
20 Welke cyclus duurt het langst?

In bron 9 wordt de hoeveelheid warmte aangegeven die invalt op een plaats op 65° N.B. gedurende enkele tienduizenden jaren.

21 Wat geven de pieken en de dalen aan?

22 Welke twee factoren zijn, behalve de variaties in instraling van de zon, nog meer verantwoordelijk voor de ijstijden in het Pleistoceen?

Bron 8 Milankovitch-cycli.



Opgave 8 Vulkaanuitbarstingen

Bij een vulkaanuitbarsting komen zowel vulkanische as als vulkanische gassen vrij. De asdeeltjes hebben een andere invloed op het klimaat dan de gassen.

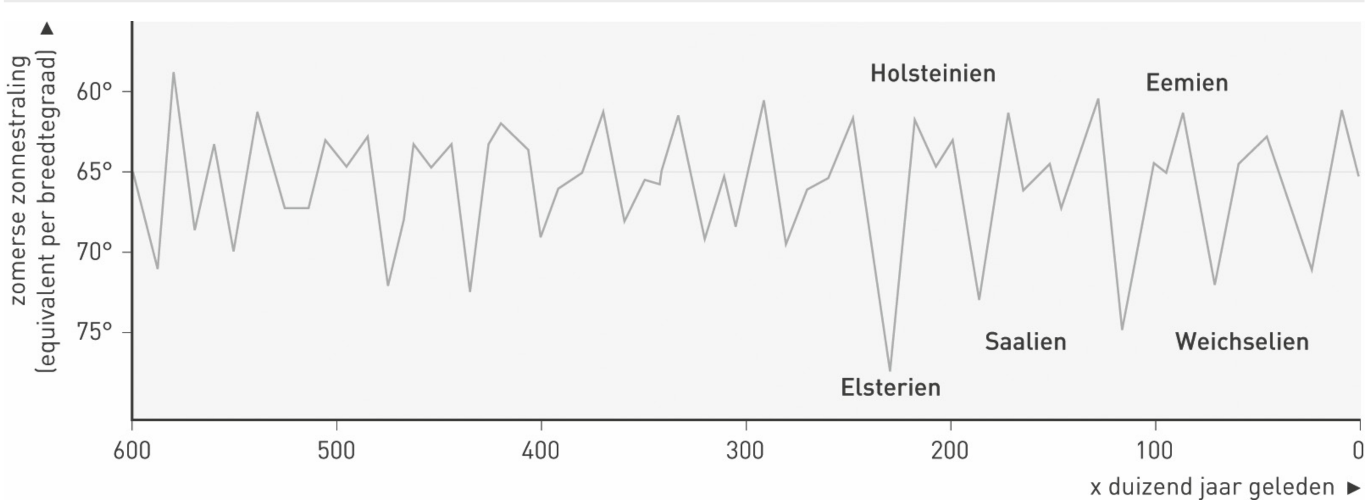
23 Beschrijf het verschil in invloed op het klimaat tussen de vulkanische as enerzijds en de gassen anderzijds.

Grootschalige vulkanische activiteit heeft invloed op de gemiddelde temperatuur op aarde. Deze invloed is op korte termijn (1 tot 2 jaar) echter heel anders dan op lange termijn (duizenden tot miljoenen jaren).

24 Wat is op korte termijn de invloed van vulkanisme op de temperatuur op aarde? Hoe komt dat?
Je verklaring moet een situatiebeschrijving en een algemene regel bevatten.

25 Wat is op lange termijn de invloed van vulkanisme op de temperatuur op aarde? Geef hiervoor ook de verklaring.
Je verklaring moet een situatiebeschrijving en een algemene regel bevatten.

Bron 9



Begrippen hoofdstuk 2

Actualiteitsprincipe 64
Principe waarbij ervan uitgegaan wordt dat natuurprocessen in het verleden en het heden op dezelfde manier verlopen.

¹⁴C-methode 75
Ouderdomsbepaling aan de hand van het gehalte aan radioactieve koolstof.

Convectiestroom 53
Stroming van vloeibaar gesteente onder de aardkorst.

Dekgesteente 55
Gesteente dat voorkomt dat vloeibare of gasvormige delfstoffen kunnen ontsnappen.

Dendrochronologie 75
Ouderdomsbepaling door vergelijkend onderzoek van de jaarringen van bomen.

Excentriciteit 69
De verhouding van de grote en de kleine straal van de elliptische baan van de aarde om de zon.

Geomorfologie 75
Wetenschap die zich toelegt op de beschrijving en de verklaring van de vormen in het landschap.

Glaciaal 68
IJstijd.

Interglaciaal 68
Warmere periode tussen twee ijstijden.

Isotoop 75
Atoom met dezelfde chemische eigenschappen, maar met verschillende atoomgewichten.

Paleoklimatologie 74
Wetenschap die de vroegere klimaten op aarde onderzoekt en de mechanismen die hebben geleid tot veranderingen.

Palynologie 75
Wetenschap die fossiele stuifmeelkorrels en sporen van mossen en varens bestudeert (pollenanalyse).

Pangea 51
Oercontinent.

Precessie 70
Schommeling van de aardas.

Proxy-indicatoren 74
Indicatoren die indirect iets over een verschijnsel zeggen.

Reservoirgesteente 56
Poreus gesteente waarin een delfstof is opgeslagen.

Scheefstelling 69
De hoek die de aarde maakt met het baanvlak van de aarde om de zon.

Seafloor spreading 52
Het van elkaar af bewegen van de oceanische platen.



3 Klimaatverandering in perspectief SE

Klimaatverandering

De eerste wetenschappers die zich bezighielden met klimaatverandering, leefden in de negentiende eeuw. Hun onderzoek ging nog niet veel verder dan het vergelijken van de opwarming van de atmosfeer met een broeikas en een constatering dat het gebruik van fossiele brandstoffen leidde tot een versterking van het natuurlijke broeikaseffect. Twee eeuwen verder is het klimaatdebat volop gaande. Eind vorige eeuw en begin deze eeuw waren er uitzonderlijk warme jaren. In 2005 ontwikkelden zich meer dan andere jaren krachtige orkanen boven het Caribisch gebied. De gevolgen van orkaan Katrina waren rampzalig. Daarentegen waren de winters van 2009 en 2010 in Nederland vrij koud. Welke kant het op gaat met het klimaat, is moeilijk te voorspellen. En de vraag of de mens bepalend is voor klimaatverandering, kun je ook niet simpelweg met ja of nee beantwoorden. Daarvoor zijn de klimaatsystemen te complex. Historisch gezien zal bij het klimaatvraagstuk ook de rol van de natuur betrokken moeten worden. Daarnaast moet je je afvragen of het 'erg' is als het klimaat verandert. Om die vraag te kunnen beoordelen, moet je weten wat de gevolgen van klimaatverandering zijn voor natuur en samenleving.

Oriëntatie

Inleiding
Klimaatveranderingen horen bij de planeet aarde. Zoals je regelmatig kunt lezen, gaan de veranderingen nu in rap tempo. De rol van de mens in het proces van klimaatverandering wordt door velen als verontrustend beschreven. Maar er zijn sceptici die kritisch zijn over de, in hun ogen, voorbarige conclusies. Omdat de neuzen niet allemaal dezelfde kant op staan, ontstaat er een effectiviteitstegenstelling: datgene wat effectief is om opwarming van de aarde te beperken, is in internationaal verband niet haalbaar en dat wat haalbaar is, is niet effectief.

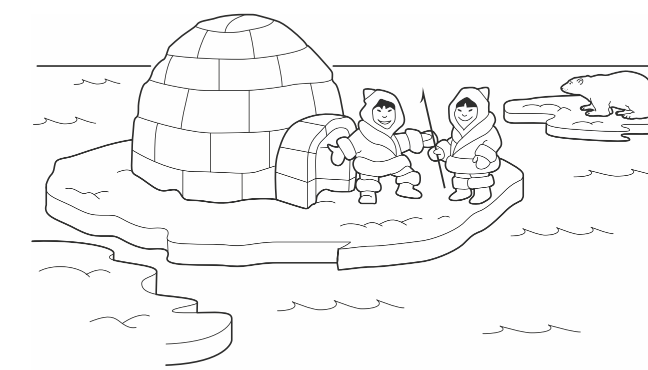
Hoofdvraag
Welke gevolgen kan klimaatverandering in de eenentwintigste eeuw hebben voor natuur en mens?

Deelvragen
1. Welke onzekerheden zijn er over de oorzaken en de gevolgen van het versterkte broeikaseffect?
2. Wat is de invloed van natuurlijke factoren op klimaatveranderingen?
3. Welke invloed heeft de mens op klimaatveranderingen?
4. Welke gevolgen heeft het klimaatvraagstuk voor laaggelegen kustgebieden?
5. Wat is de invloed van lokale omstandigheden op het nemen van maatregelen met betrekking tot klimaatverandering?
6. Wat zijn de positieve en negatieve effecten van klimaatverandering?

Opdracht 1
Om een eerste, globale indruk van dit hoofdstuk te krijgen, bekijk je in de theoriegedeelten:
- de indeling van de tekst aan de hand van de paragraaftitels en de tussenkopjes;
- de inleiding van het hoofdstuk;
- de figuren met de bijschriften.

Opdracht 2 Housewarming I
a Bekijk W1. Welk fysisch-geografisch verschijnsel wordt in de cartoon in beeld gebracht?
b In de cartoon wordt duidelijk gemaakt dat het bedoelde gevolg uit vraag a van invloed is op zowel het leefgebied van de Inuit als op dat van de ijsbeer. Bekijk dit zowel vanuit de economische als de natuurlijke dimensie.
c Figuur 3.3 is een oorzaak-gevolgketen. Licht deze toe in je eigen woorden. Gebruik daarbij de begrippen: afname ijsbedekking, neerslagvariabiliteit, temperatuurstijging en zeespiegelstijging.

W1 Housewarming.



'Ik denk dat we onder deze omstandigheden de housewarmingparty beter kunnen overslaan.'

Opdracht 3 Groenland K/I
a Zoek in de atlas op tussen welke breedtegraden Groenland ligt.
b Zoek in de atlas op tussen welke lengtegraden Groenland ligt.
c Geef een aanwijzing die af te leiden is uit de atlas, waarom de naam Groenland tegenstrijdig is met de gebiedskenmerken van het eiland.

Opdracht 4 Verschillende dimensies K/I

Je kunt een vraag bekijken vanuit verschillende dimensies (invalshoeken). Welke dimensie past het best bij de volgende opmerkingen? Kies uit: natuur, economie, politiek en cultuur.

I De vraag naar energie zal de komende jaren toenemen.
II De Vikingen die zich in de middeleeuwen op Groenland vestigden, slaagden er niet in daar te blijven; dat lukte de Inuit wel.
III De angst bestaat dat de concurrentiepositie van landen die de CO_2-uitstoot beperken, verzwakt.
IV Binnen de samenleving bestaat verschil van mening over het te volgen energiebeleid.
V De biodiversiteit van de biogeografische zone Alpen lijdt onder de opwarming.

Opdracht 5 IJsgroei K/I

a 'Bij voorspellingen over ijsgroei moet je inzicht hebben in toekomstige luchttemperaturen, maar ook moet je aannames doen over luchtvochtigheid, bewolking en wind. Verder speelt de aanwezigheid van sneeuw een rol bij de ijsgroei.' Neem het schema van W2 over in je schrift en vul in of de factor een positieve of negatieve invloed heeft op de ijsgroei.

b Met het begrip terugkoppelingsmechanisme kijk je tot welke gevolgen iets leidt. Sommige gevolgen versterken de situatie (positieve terugkoppeling); andere gevolgen werken de verandering tegen (negatieve terugkoppeling). Vul in W2 in of er bij deze factoren sprake is van terugkoppeling, en zo ja van welke vorm van terugkoppeling. Leg je antwoorden uit.

W2

Factor	Effect op ijsgroei	Positieve of negatieve terugkoppeling?
Luchtvochtigheid	...	...
Bewolking	...	...
Wind	...	...
Aanwezigheid van sneeuw	...	...



3.1 De geschiedenis herhaalt zich?

De Kilimanjaro en het broeikaseffect

De Kilimanjaro in Tanzania is de hoogste berg van Afrika. Op de top is steeds minder sneeuw te vinden. Ontbossing, een proces dat daar al meer dan een eeuw aan de gang is, is één van de oorzaken voor het eerder smelten van de sneeuw. Kale grond houdt warmte immers beter vast dan een bebost gebied. De verklaring dat het smelten van de sneeuw (alleen) zou komen door het versterkte broeikaseffect, is in werkelijkheid complexer. Natuurlijke factoren, zoals verandering in de stand van de aardas en de variabiliteit van neerslag en verdamping, spelen ook een rol.

Groenland

▶ Tachtig procent van Groenland is een groot gedeelte van het jaar bedekt met ijs. Die ijskap is na de Antarctische ijskap de grootste ijskap ter wereld en is maximaal 3 km dik. De naam Groenland zegt eigenlijk niet zoveel over de gebiedskenmerken van het eiland. Je zou zelfs veronderstellen dat Groenland vroeger een heel ander klimaat had. Wat vertelt het verleden ons over de toekomst? Wordt Groenland daadwerkelijk groen of refereert de naam alleen aan de gedachte van zijn ontdekker? De Viking Erik de Rode hoopte namelijk dat mensen zich in het nieuwe gebied zouden gaan vestigen als het land een 'vrucht-bare' naam zou hebben. Vandaar de naam Groenland.

● De eerste bewoners van Groenland vestigden zich hier ongeveer 2.500 jaar voor Christus. Sporen van de eerste Inuitbewoners dateren uit die tijd. Sindsdien is Groenland telkens afwisselend bewoond geweest, vooral in het zuiden waar de klimatologische omstandigheden het beste waren. Met de komst van Erik de Rode (981) werd het land gekoloniseerd. De Vikingen leefden van de tiende tot in de veertiende eeuw op Groenland. Op grond van ijskernonderzoek (figuur 3.2) blijkt dat het klimaat in die tijd relatief zacht was. Bij boringen tot een diepte van ongeveer 2 kilometer zijn sporen gevonden van bomen en planten. Met het begin van de Kleine IJstijd brak een koudere periode aan waarin de leefomstandigheden minder gunstig werden. Door de strenge winters kon er minder graan



Figuur 3.1 Groenland.



Figuur 3.2 IJskernonderzoek.

geproduceerd worden. Ook de veeteelt en de jacht werden een stuk moeilijker, doordat het zee-ijs rondom Groenland langer bleef liggen dan gebruikelijk.

● De Inuit, een van oudsher nomadisch volk, blijkt zich beter aan te kunnen passen aan het klimaat dan de Vikingen destijds. De gevolgen van klimaatverandering waar ze nu mee te maken krijgen, betreffen vooral het smeltende zee-ijs. Daardoor wordt het transport over ijs minder betrouwbaar en neemt het risico op afbreken van ijs toe. Het leefgebied van de Inuit wordt dus kleiner en de jacht op walvissen, ijsberen en zeehonden komt in het geding. Bovendien heeft het smelten van de ijskap invloed op de zeestromen rondom Groenland en zijn er veranderingen in het weer merkbaar. Er is meer bewolking en meer kans op stormen. Voor schepen wordt het dan moeilijker om uit te varen en koers te houden. Hoewel de Inuitbevolking erg te lijden heeft onder de opwarming van de aarde, zien zij ook mogelijkheden voor de toekomst. De zomers worden langer, het smeltende ijs biedt mogelijkheden voor het uitbreiden van sommige vaarroutes, de biodiversiteit wordt groter en nog niet ontgonnen aardgas- en aardolievelden worden makkelijker winbaar.

▶ Een aantal samenhangende factoren komt telkens terug in de discussie over klimaatverandering. Temperatuurstijging heeft bijvoorbeeld gevolgen voor de ijsbedekking, maar veroorzaakt ook meer variabiliteit in neerslag. Bij een mondiaal warmer klimaat stijgt de zeespiegel door het uitzetten van zeewater en het smelten van bijvoorbeeld de ijskap op Groenland. Welke van deze factoren toegeschreven kunnen worden aan de natuur en wat de rol van de mens bij deze veranderingsprocessen is, is niet altijd meteen duidelijk. In figuur 3.3 kun je zien met welke scenario's Nederland in de toekomst rekening moet houden.

Invloed van natuurlijke factoren

▶ Verschillende natuurlijke verschijnselen hebben in het verleden gezorgd voor een (tijdelijke) klimaatverandering, bijvoorbeeld vulkanisme, zeestromen en veranderende zonneactiviteit.

● Vulkaanuitbarstingen kunnen zorgen voor een lagere luchttemperatuur. Door de grote hoeveelheden stof reflecteert het zonlicht en treedt verkoeling op. De uitbarsting van de vulkaan Tambora in Indonesië, die in 1815 enorme stofwolken de lucht in blies, zorgde ervoor dat de temperatuur op aarde het daaropvolgende jaar ongeveer 0,5 tot 0,7 graden lager was. In 1816 kwam in Noord-Amerika tot laat in de zomer nachtvorst voor, en in Engeland lag tot in juni sneeuw. Ook regende het in Noordwest-Europa een groot deel van de zomer en waren er in heel Europa misoogsten.

■ Andere voorbeelden van vulkaanuitbarstingen met een merkbare invloed op de temperatuur zijn die van de Vesuvius (79), de Krakatau (1883), de Pinatubo (1991), en de Mount St. Helens (1980).

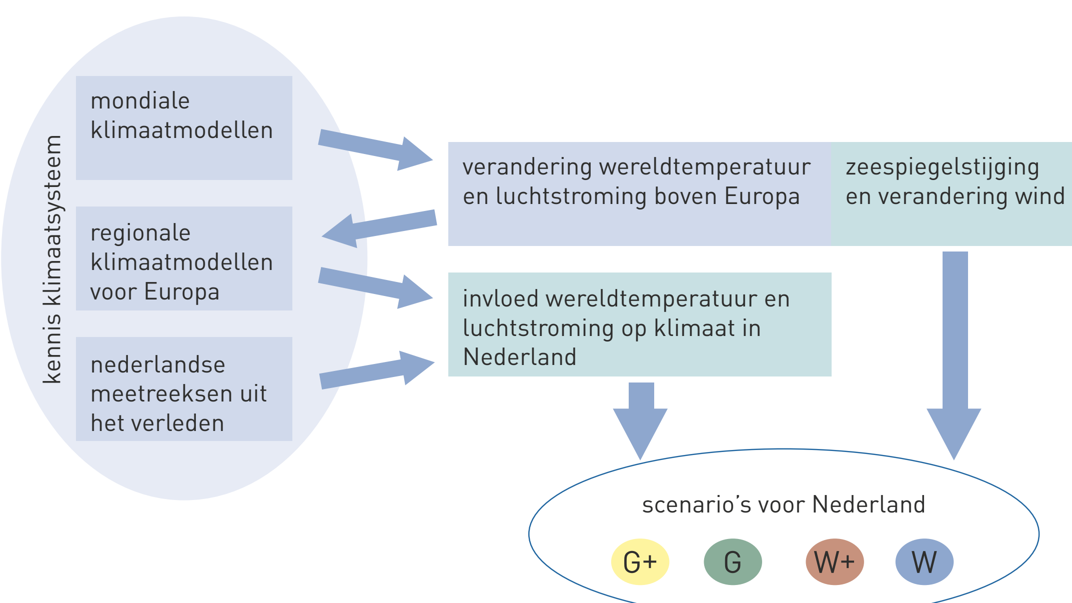
● Onregelmatig voorkomende factoren die het klimaatsysteem van buitenaf beïnvloeden, zijn moeilijk te voorspellen. Ze worden gerekend tot de externe variabelen. Hoe groot het effect van een vulkaanuitbarsting op de temperatuur is, hangt af van de kracht van de eruptie. Bij een zware explosie kan de as via de troposfeer op een hoogte van wel 12 kilometer de stratosfeer worden ingeblazen; bij middelgrote vulkaanuitbarstingen is dat ongeveer 8 kilometer. Als de as in de troposfeer blijft, komt deze met de regen terug in de atmosfeer. De natuurlijke gevolgen zijn dan niet zo groot. De as die nog een tijd in de atmosfeer blijft hangen, is kort voor zonsopgang en zonsondergang als rode schemeringsgloed op grote afstand van de vulkaan te zien.

● Een ander merkbaar effect op het klimaat hebben de zeestromen. In dit verband wordt er vaak gesproken over El Niño en La Niña (zie ook paragraaf 1.3). Deze natuurverschijnselen laten een tijdelijke klimaatverandering zien, waarbij vooral neerslagpatronen verstoord worden. Het ontstaan van oceaanstromingen en de gevolgen van veranderingen daarin zijn beschreven in hoofdstuk 1. Normaal gesproken welt er voor de Peruaanse kust vanuit de diepte koud, zuurstofrijk water op. Daarom zijn de visgronden er zo rijk. Maar elke twee tot zeven jaar is het water plotseling een stuk warmer en is de zee hierdoor juist visarm. Een enorme plas warm water 'wiebelt' – zoals in een bad – op en neer tussen de ene en de andere kant van de Grote Oceaan. De invloed van zeestromen op het klimaat wordt tot de interne variabelen gerekend.

■ La Niña is de tegenhanger van El Niño. Wanneer dit verschijnsel optreedt, zijn de winters in Peru iets droger en kouder dan normaal. Het zeewater is dan tijdelijk ook kouder, wat gunstig is voor de visstand.

● De zonneactiviteit kan ook invloed hebben op het klimaat. De zon heeft een cyclus van elf jaar, met actieve en rustige perioden. Wanneer de zon actief is, zijn er veel zonnevlekken en komen er ook regelmatig zonnevlammen voor. De zonnevlekken, die je kunt waarnemen als je met een beschermende kijker het zonneoppervlak bestudeert, zijn de wat minder hete plekken op de zon. De temperatuur is hier ongeveer 1.000 tot 1.500 graden lager dan de temperatuur aan het oppervlak van de zon (ongeveer 6.000 °C). Het aantal donkere vlekken is een maat voor de activiteit van de zon: hoe meer er te zien zijn, hoe actiever de zon. Een actieve zon geeft extra veel straling af waardoor het warmer wordt op aarde.

■ De relatief koude winter van 2010 kan veroorzaakt zijn door een lagere zonneactiviteit dan normaal. In Midden-Engeland is na onderzoek aangetoond dat er een zwak statistisch verband bestaat tussen de gemiddelde temperatuur in de wintermaanden en de zonneactiviteit.



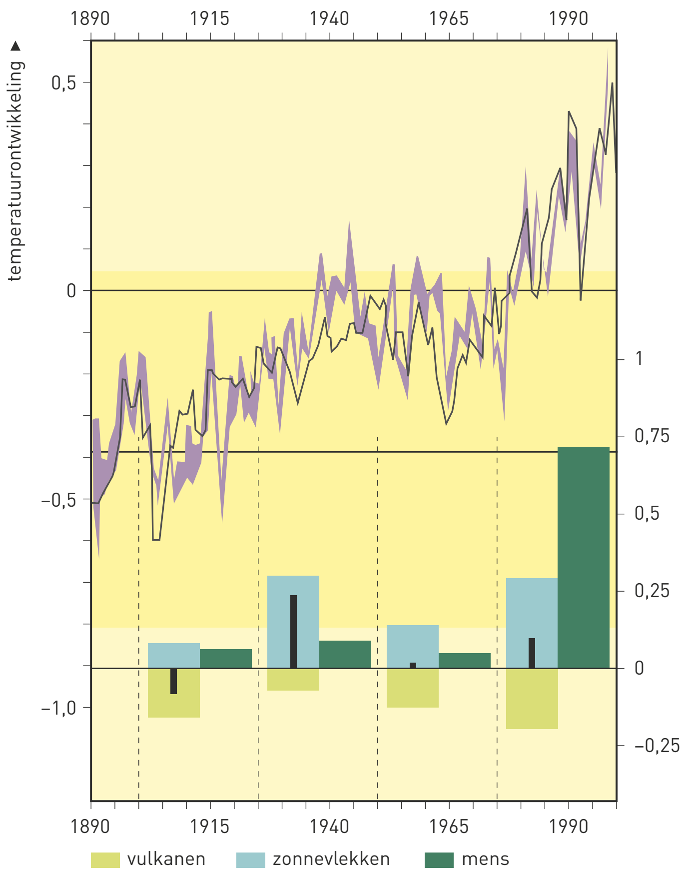
Figuur 3.3 Wat voor klimaat krijgt Nederland? Vier scenario's.



Figuur 3.4 Aswolk na uitbarsting van een vulkaan.

> externe variabelen

> interne variabelen



Figuur 3.5 Het effect van verschillende factoren op de temperatuurontwikkeling.

▶ Het KNMI onderschrijft dat de hierboven genoemde natuurverschijnselen invloed kunnen hebben op de temperatuur. De temperatuurstijging in de eerste helft van de twintigste eeuw kan veroorzaakt zijn door een geringe vulkaanactiviteit en een toename van de zonneactiviteit. Ook het relatief warme zeewater van de Grote Oceaan (veroorzaakt door El Niño) heeft een sterke invloed op de temperatuurwisselingen door de jaren heen. In de tweede helft van de twintigste eeuw is het beeld echter anders. Figuur 3.5 laat zien dat de temperatuur steeds verder oploopt, terwijl er sindsdien grote vulkaanuitbarstingen plaatsvonden (o.a. Mount St. Helens en Pinatubo). De zonneactiviteit bleef in deze periode ongeveer gelijk. Hoewel onderzoekers het idee hebben dat er natuurlijke factoren zijn die het klimaat beïnvloeden, is het moeilijk te bewijzen hoe groot deze invloed daadwerkelijk is.

De rol van de mens

▶ Om te kunnen bepalen in hoeverre de mens een rol speelt in de klimaatverandering, moet je een aantal economische en maatschappelijke ontwikkelingen uit het verleden beter bekijken. Het gaat dan om de effecten op het klimaat van:
- de opkomst en de ontwikkeling van de landbouw,
- de bevolkingsgroei en de industrialisatie,
- de toenemende mate van verstedelijking.

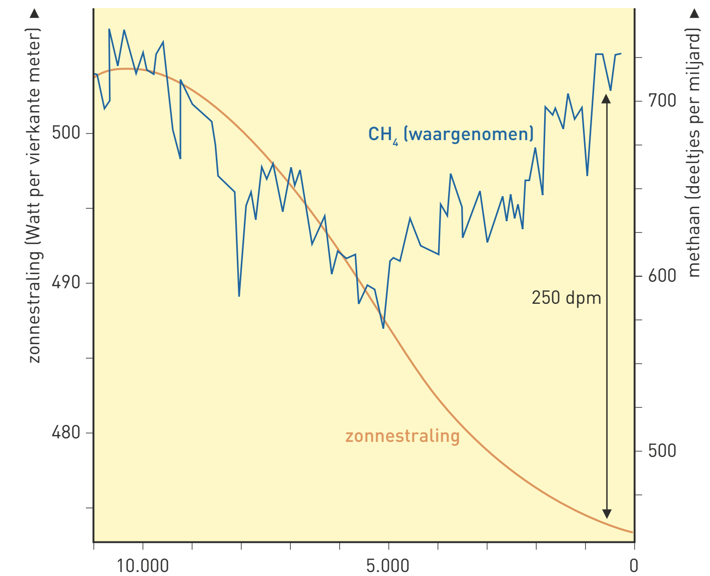
▶ Vanaf de opkomst van de landbouw in Europa en Azië, naar schatting zo'n 8.000 jaar geleden, begon de natuurlijkheid van het landschap te verdwijnen. De gevolgen voor het landschap waren aanvankelijk nog niet zo groot; pas in de middeleeuwen kwam hier verandering in. De bevolkingsgroei nam toe en hierdoor werd de vraag naar landbouwgrond steeds groter. Vanaf die tijd is in Europa in rap tempo begonnen met de ontbossing. Bossen en natuurlijke graslanden verdwenen door brandcultuur om plaats te maken voor akkers en weiden. Het platbranden zorgde voor een tijdelijk vruchtbare bodem. Het gekapte hout werd gebruikt als brandstof en voor de bouw van huizen en schepen.

■ Ongeveer 5.000 jaar geleden was Europa grotendeels bedekt met naaldwoud en nog nauwelijks ontgonnen. Tegenwoordig is er nog maar weinig van het oorspronkelijke bos over. Voorbeelden van gebieden waar nog oerbos te vinden is, zijn Scandinavië en delen van Oost-Europa.

● Sinds de opkomst van de landbouw lijkt er een verband te bestaan tussen de hoeveelheid methaan die in de atmosfeer terechtkomt en de intensiteit van de zonnestraling. Tot ongeveer 8.000 jaar geleden verliep de ontwikkeling van deze twee variabelen nagenoeg gelijk, terwijl de periode daarna een afwijkende beeld vertoont. De hoeveelheid van het broeikasgas methaan (of moerasgas) neemt duidelijk toe.

● Uit onderzoek in de tropen blijkt dat de Milankovitch-cyclus (zie hoofdstuk 1) effect heeft op de intensiteit van de moesson. In natte tijden komt methaan vrij door rottingsprocessen in de 'wetlands', de moerassen, de meren en de overstromingsgebieden van rivieren. De opkomst van de natte rijstteelt en irrigatie zorgen voor kunstmatige 'wetlands' met de trendbreuk die je in figuur 3.6 ziet als gevolg. Langzamerhand wordt steeds meer gebied door de mens ingericht voor huisvesting, economische doeleinden (industrie, bedrijven en kantoren) en transport. De eerste invloed van landbouwactiviteiten door

> broeikasgas



Figuur 3.6 Toename van het broeikasgas methaan sinds de opkomst van de landbouw.

veelal nomadische volken op lokale en regionale schaal is door de toenemende menselijke beïnvloeding van het ecosysteem een rol gaan spelen op mondiale schaal.

■ De broeikaswerking van methaan is 21 keer sterker dan die van het broeikasgas CO_2. De stijging van het methaangehalte kan bijgedragen hebben aan het uitblijven van de afkoeling zoals deze op grond van de Milankovitch-cyclus te verwachten was. In het Pleistoceen duurden de interglacialen nooit langer dan 12.000 jaar.

▶ Bevolkingsgroei, industrialisatie en daaraan gekoppeld het gestegen energieverbruik hebben ook invloed op het klimaat.

● Vanaf 1800 groeit de wereldbevolking in twee eeuwen van 1 miljard naar 6 miljard mensen. De sterke groei werd veroorzaakt door een sterke daling van het sterftecijfer door steeds beter wordende hygiënische omstandigheden. Er kwam bijvoorbeeld riolering en veilig drinkwater. Bovendien zorgden betere voeding en de opkomst van nieuwe geneesmiddelen (penicilline aan het begin van de twintigste eeuw) ervoor dat de sterftekans afnam.

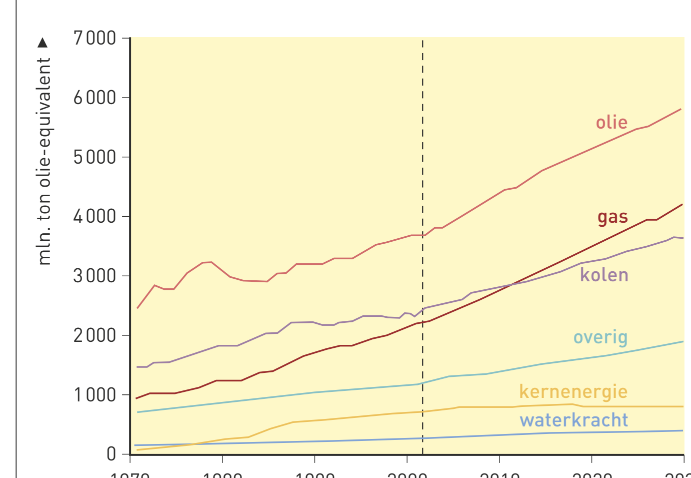
● Niet alleen de bevolkingsgroei, maar ook de industriële revolutie in de negentiende eeuw leidden tot een flinke toename van de verbranding van fossiele brandstoffen. Denk bijvoorbeeld maar aan de uitvinding van de stoommachine, waardoor er stoomtreinen en stoomboten kwamen. In eerste instantie werden deze machines vooral op steenkool gestookt, maar later werden ook olie en soms hout gebruikt. Het rendement uit kolen was laag, zodat er voor het gebruik van een



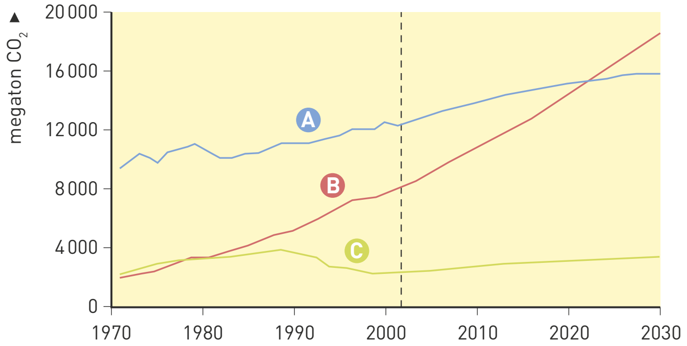
Figuur 3.7 Stoomtrein als toeristische attractie.

stoommachine relatief veel steenkool nodig was. Tegenwoordig worden stoomtreinen vrijwel alleen nog maar gebruikt als toeristische attractie.

● Het toegenomen energieverbruik (figuur 3.8) is een direct gevolg van de industrialisatie en de bevolkingsgroei. Fossiele brandstoffen blijven in de periode tot 2030 nog van cruciaal belang. Omdat de vindplaatsen van fossiele brandstoffen steeds verder af liggen van de plekken waar de vraag naar energie het grootst is, zullen handel en transport sterk toenemen. De (sterke) toename van het energiegebruik komt vooral door de nieuwe industrielanden China, India en Brazilië. Deze landen kun je niet meer rekenen tot de ontwikkelingslanden. Door de snelle economische groei behoren ze tegenwoordig tot de semiperifere landen. De ontwikkelingslanden maken ook een stap voorwaarts in hun economische ontwikkeling, wat goed te zien is aan de toename van de CO_2-uitstoot (figuur 3.9). Toch



Figuur 3.8 Ontwikkeling van het energiegebruik.



A Industrielanden
B Ontwikkelingslanden
C Nieuwe industrielanden

Figuur 3.9 Ontwikkeling van de CO_2-uitstoot per regio.

verwacht men dat er tussen de industrielanden, de opkomende landen en de derdewereldlanden een verschil blijft bestaan in de CO_2-uitstoot per hoofd van de bevolking.

■ Economische groei heeft invloed op het consumptieve gedrag van de bevolking. In China bijvoorbeeld worden steeds meer luxegoederen verkocht. Voorheen konden maar weinig Chinezen zich een auto veroorloven. Daar is verandering in gekomen door de massaproductie van relatief goedkope Chinese auto's. Door deze ontwikkeling is het energieverbruik bij zowel de producent als de consument enorm gestegen.

▶ Ten slotte heeft de toenemende mate van verstedelijking invloed op de temperatuur. In veel grote steden is sprake van een zogeheten stadsklimaat.

● De temperatuur in de grote steden wijkt af van de temperatuur in de omliggende gebieden met minder bebouwing. (Regen)water in steden wordt versneld afgevoerd en heeft minder kans om te verdampen dan op het platteland. De instraling van de zon wordt daarom meer omgezet in voelbare warmte. Bovendien dringt warmte in steen veel verder door dan in open terrein. Steen heeft een grote warmte-capaciteit en houdt de warmte dus langer vast. Ook kaatst de straling die op het oppervlak valt, minder terug. De albedo (het percentage gereflecteerde straling) is in de stad kleiner dan in landelijke gebieden.

■ Het vliegverkeer boven stedelijke gebieden zorgt ook voor een hogere temperatuur. Toen het luchtruim boven New York na de aanslagen van 11 september gesloten was, was dit merkbaar doordat de temperatuur ongeveer 1 graad lager was dan gewoonlijk. De vliegtuigstrepen houden het zonlicht voor een deel tegen. Wanneer minder inkomende zonnestralen de aarde kunnen bereiken, is het overdag op het land koeler, terwijl de temperatuur 's nachts juist wat hoger blijft doordat de warmte tegengehouden wordt.

● Behalve de verstening heeft het (hoge) energiegebruik in grote steden ook invloed op de omgeving. Megasteden hebben door hun hoge bevolkingsdichtheid een hoog energieverbruik. Verder produceert de mens zelf veel warmte: naast het verstoken van fossiele brandstoffen in verkeer, huishoudens, industrie en energiecentrales, voegen we er ook nog onze eigen 'antropogene' warmte aan toe.

■ Gebouwen zijn ware energieverslinders door de verwarming en de airconditioning. Er is grote winst te behalen wanneer de bouwsector meer energiebesparende technieken (bijvoorbeeld isolatie) gaat gebruiken. Koude en warmte kunnen ook opgeslagen worden in de bodem. De Maastoren in Rotterdam, met 165 meter het hoogste gebouw van Nederland, maakt net als steeds meer andere gebouwen en nieuwbouwwijken gebruik van deze techniek. De verwarming en verkoeling van de Maastoren gebeurt voor 95% door gebruik te maken van de Maas als energiebron. In het waterrijke Nederland zijn de temperatuurverschillen van het rivier- en het oppervlaktewater in zomer en winter groot genoeg om de gewonnen energie te kunnen opslaan in de bodem. De vermindering van schadelijke CO_2-uitstoot kan in Nederland jaarlijks oplopen tot miljoenen tonnen.



Figuur 3.10 Times Square in New York, een voorbeeld van hoog energieverbruik.

Opdrachten 3.1

Deelvragen

1 Welke onzekerheden zijn er over de oorzaken en de gevolgen van het versterkte broeikaseffect?
2 Wat is de invloed van natuurlijke factoren op klimaatveranderingen?
3 Welke invloed heeft de mens op klimaatveranderingen?

Opdracht 6 IJskernonderzoek K

Lees in paragraaf 3.1 de tekst over Groenland en bekijk de bijbehorende figuren.

a Wat is het belang van ijskernonderzoek?
b Waarom is Groenland uitermate geschikt voor deze vorm van onderzoek?
c Welke twee aanwijzingen laten zien dat er in het verleden sprake is geweest van (tijdelijke) klimaatverandering?

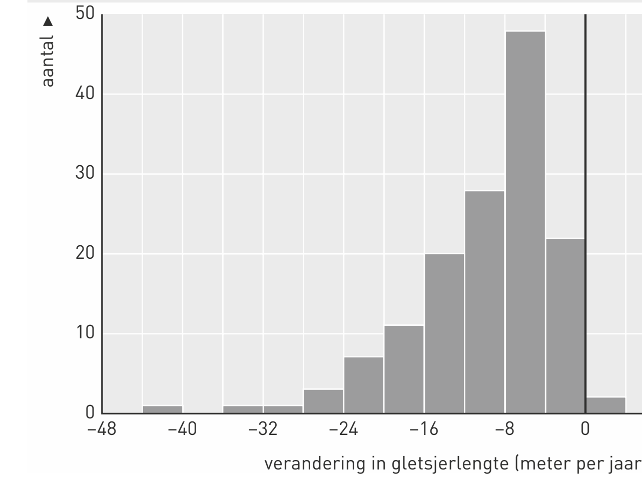
Opdracht 7 Gletsjers I/V

Bekijk W3 en W4.

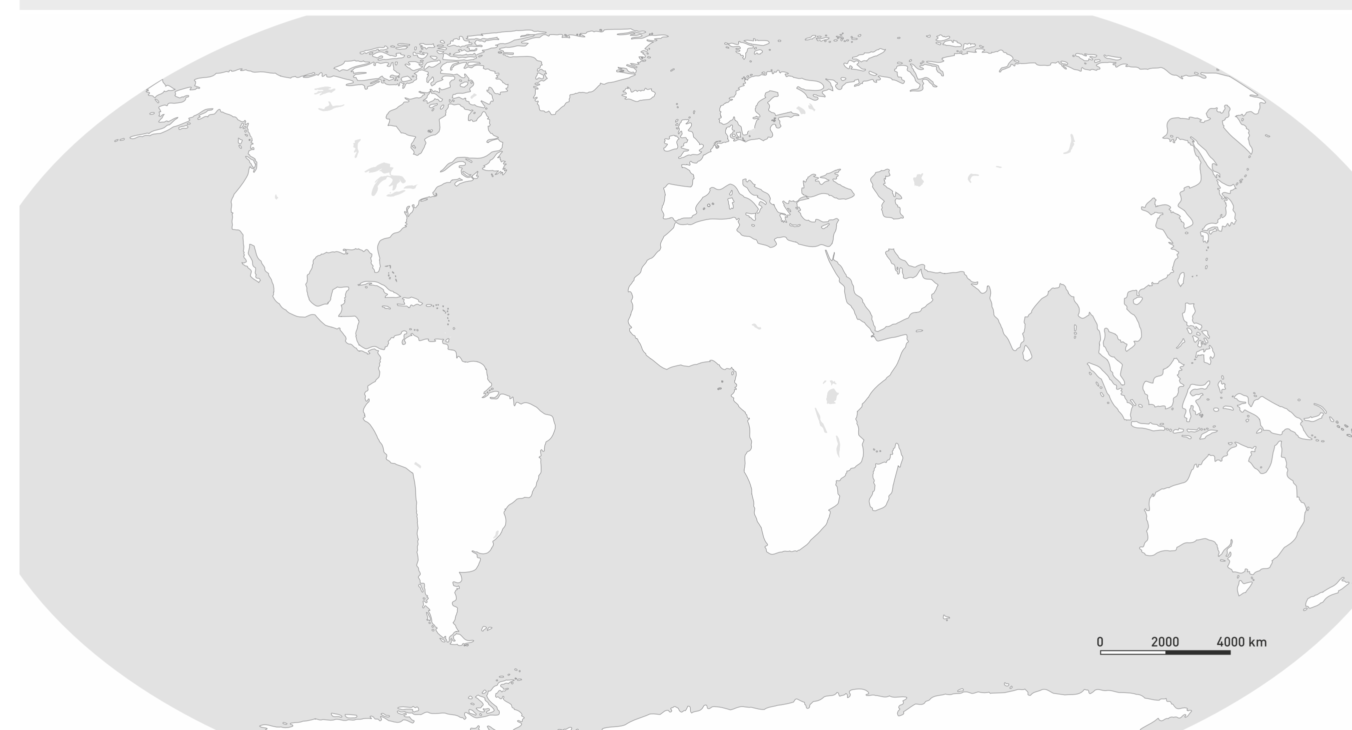
a De verandering van de gletsjerlengte in de periode 1900-1980 zou je in drie groepen kunnen indelen:
I = weinig veranderd, II = matig veranderd, III = sterk veranderd.
Het samenvoegen van klassen noem je aggregeren.
Download en bewerk W3 naar eigen inzicht op grond van deze grovere indeling.

Downloaden en printen!

W3 Gletsjerlengte in de periode 1900-1980.



W4 Ligging van de onderzochte gletsjers. Downloaden en printen!



De gegevens over de 169 gletsjers met behulp waarvan W3 gemaakt is, komen uit de Alpen (93), de Kaukasus (8), tropisch Afrika (5), Centraal-Azië (9), Papoea (2), Nieuw-Zeeland (2), Patagonië (6), Noordwest-Amerika (27), Zuid-Groenland (1), IJsland (4), Jan Mayen (1), Spitsbergen (Svalbard) (3) en Scandinavië (8).

b Wat valt je op aan de schaal van de genoemde gebieden?

c Download en print W4. Geef in W4 de gletsjergebieden aan. Denk aan ligging en relatief belang in de dataset. Zorg voor een goed leesbaar kaartbeeld en een duidelijke legenda.

d De Alpen zijn in de reeks sterk oververtegenwoordigd. Hoe kun je dat verklaren?

e Lijkt je de oververtegenwoordiging van de Alpengletsjers een belemmering om tot goede uitspraken te komen? Waarom wel/niet?

Opdracht 8 Natuurlijke factoren K

Lees de tekst van paragraaf 3.1 over de invloed van natuurlijke factoren.

a Welke drie natuurlijke factoren worden daar genoemd?

b Bekijk figuur 3.5. Welke van de natuurlijke factoren heeft een positieve invloed op de temperatuur?

c Hoe ontstaat deze positieve invloed op de temperatuur?

d Geef commentaar op de volgende stelling:
De temperatuurstijging in de periode 1975-2000 is niet alleen te verklaren vanuit de natuurlijke dimensie.

Opdracht 9 Vulkaanuitbarsting K/I

a Lees W5. Op welke manier legt het artikel een verband tussen vulkaanuitbarstingen en overstromingsgevaar van de zee?

b Heeft het klimaateffect van vulkaanuitbarstingen vooral te maken met zonnestraling of juist met de warmte-uitstraling van de aarde?

c Hoe is dat bij het broeikaseffect?

d In klimaatmodellen werkt men met positieve (trendversterkende) terugkoppelingen en met negatieve (trendverzwakkende) terugkoppelingen. Waartoe reken je hier het effect van vulkaanuitbarstingen?

e Deskundigen twijfelen over het klimaateffect van stof dat door de mens in de lucht wordt geblazen (verkeer, industrie). Waar zal de onzekerheid met betrekking tot deze aerosolen op berusten?

W5 Vulkaanuitbarsting remt opwarming en stijging van oceanen.

De opwarming van het oceaanwater en de stijging van de zeespiegel zijn de afgelopen eeuw afgeremd door de uitbarsting van de Krakatau in Indonesië in 1883. Een team van klimatologen onder leiding van P.J. Glecker van Lawrence Livermore National Laboratory in California heeft dat aangetoond door twaalf verschillende klimaatmodellen met elkaar te vergelijken.
Een vulkaanuitbarsting gaat gepaard met de uitstoot van gassen en stofdeeltjes waaruit makkelijk hoge sluierbewolking ontstaat die zonnestralen tegenhoudt. Daardoor koelt het oceaanoppervlak af na een grote vulkaanuitbarsting.
Glecker vergeleek twaalf moderne klimaatmodellen waarvan de ene helft wel en de andere helft geen rekening houdt met de gevolgen van vulkaanuitbarstingen. Alleen de modellen die rekening hielden met de gigantische uitbarsting van de Krakatau in 1883 (en kleine uitbarstingen daarna) konden verklaren dat de opwarming van de oceanen tussen 1955 en 1998 slechts bescheiden was. Modellen die geen rekening hielden met de uitbarsting, berekenden een veel te grote opwarming.
Ook voor de verklaring van trends in de zeespiegelrijzing van de afgelopen eeuwen zou het vulkaaneffect moeten worden meegerekend, concluderen de onderzoekers. Koud water neemt minder volume in beslag dan warm water. Volgens de modellen van Glecker zou, doordat de uitbarsting het oceaanwater aan het oppervlak deed afkoelen, de mondiale zeewaterspiegel circa 1 cm dalen. Het koude oppervlaktewater is daarna langzaam maar zeker naar grotere diepten gezakt, maar volgens Glecker duurde het vele decennia voordat de effecten van de uitbarsting (zeespiegelstijging en opwarming) geheel waren weggeëbd.
In hoeverre vulkaanuitbarstingen het klimaat veranderen, is al enige tijd onderwerp van debat. De onderzoekers geloven dat de vergelijkbare klimaateffecten van recente grote uitbarstingen (zoals die van de Filipijnse vulkaan Pinatubo in 1991) verloren zijn gegaan in een tegengestelde trend: de opwarming van de oceaan als gevolg van het door mensen versterkte broeikaseffect. Volgens Glecker heeft dat opwarmende effect de afkoeling van oceaanwater door de vulkaanuitbarsting uitgewist.

Opdracht 10 El Niño K/I

Bekijk W6 en gebruik de atlas.

a Worden zeestromen gerekend tot de externe of de interne variabelen? Licht je antwoord toe.

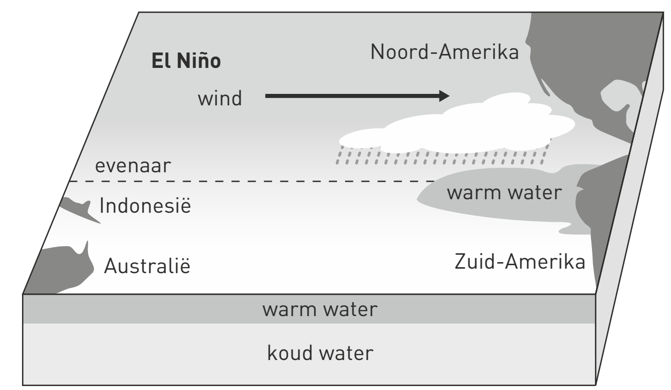
b El Niño is een natuurverschijnsel waarbij sprake is van een tijdelijke klimaatverandering. Welk kaartblad in de atlas geeft informatie over El Niño?

c Van welke tijdelijke klimaatverandering is er sprake bij El Niño?

d Op welke breedte komt El Niño vooral voor? Waarom daar?

e Welk land in W6 ondervindt de grootste economische gevolgen van El Niño? Leg ook uit waarom. Lees hiervoor eventueel nog een keer de tekst in je studieboek.

W6



Opdracht 11 Invloed van de mens K

Lees de tekst van paragraaf 3.1 onder het kopje 'De rol van de mens' en bekijk de bijbehorende figuren.
In W7 staan de figuurnummers die horen bij deze tekst.
Neem W7 over en vul de oorzaken en gevolgen van menselijk handelen in.

W7

Figuurnummer paragraaf 3.1	Oorzaak menselijk handelen	Gevolg menselijk handelen
3.6	...	...
3.7	...	...
3.8	...	...
3.9	...	...
3.10	...	...

Opdracht 12 Broeikasgassen K/I

Bekijk W8 en W9.

a Welke twee gassen zijn in absolute zin het sterkst toegenomen sinds de jaren zestig van de vorige eeuw?

b Beschrijf in je eigen woorden hoe het natuurlijke broeikaseffect ontstaat.

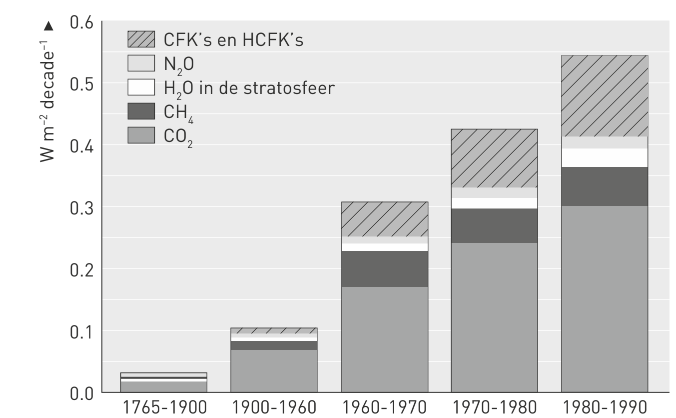
c Waardoor ontstaat het versterkte broeikaseffect?

d Met hoeveel procent is het CO_2-gehalte in de atmosfeer tussen 1870 en 2000 gestegen? Geef de berekening erbij.

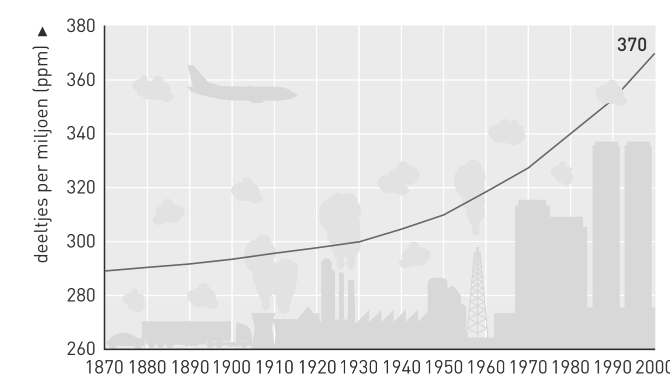
e Vanaf welk jaar begon de sterkste stijging van de uitstoot van CO_2? Met welk proces heeft dat te maken?

f Welke landen, ontwikkelingslanden of rijke landen, zullen daarbij de grootste bijdrage hebben geleverd? Onderbouw je antwoord.

W8 Het belang van verschillende gassen in de atmosfeer op verschillende tijdstippen.



W9 Toename CO_2-concentratie in de lucht.



Opdracht 13 Invloed van de mens K/I

a Maak een grafiek van de gegevens in W10.
b Welke conclusie kun je uit de grafiek trekken?
c Op welke twee manieren is de landbouw van invloed (geweest) op het klimaat?

W10

Jaar	Indexcijfer menselijke invloed op klimaat
8000 v. Chr.	0
6000 v. Chr.	2
4000 v. Chr.	4
2000 v. Chr.	6
0	8
Heden	22

Opdracht 14 Methaan I

a Beschrijf het verband dat te zien is in figuur 3.6.
b Waarom leidt juist de rijstteelt tot hogere methaangehaltes in de atmosfeer?
c Behalve naar de absolute hoeveelheden broeikasgassen in de atmosfeer, moet je ook kijken naar de chemische samenstelling van de verschillende gassen in de atmosfeer. Leg uit waarom.

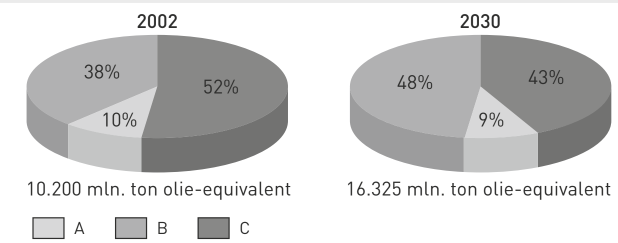
Opdracht 15 Toename energieverbruik I

a Welke figuren uit paragraaf 3.1 geven informatie over de toename van het energieverbruik?
b Bekijk W11. De vraag naar olie blijft de komende decennia stijgen. Alleen de regionale verdeling verandert. Neem de letters A, B en C uit de legenda over in je schrift en vul daarachter een van de volgende begrippen in: industrielanden, nieuwe industrielanden en ontwikkelingslanden.
c Welk gevolg heeft de nieuwe energieverdeling voor de uitstoot van broeikasgassen?

Opdracht 16 Stadsklimaat K/I

a Welke factoren uit paragraaf 3.1 verklaren de temperatuurverschillen tussen stad en landelijke omgeving?
b Vergelijk het klimaat van een stad met het klimaat van de omgeving van die stad. Neem tabel W12 over en vul hem in met termen als meer, minder, hoger en lager.
c Welke factoren zorgen ervoor dat een stad als Amsterdam geen duidelijk stadsklimaat kent?

W11 Regionale verdeling van de energievraag.



Opdracht 17 New York I

a Vooral in grootstedelijke gebieden zijn de nadelige milieueffecten en daarmee samenhangend een toename van het versterkte broeikaseffect zichtbaar. Bekijk GB 179C. Welke drie aanwijzingen die van invloed kunnen zijn op het 'stadsklimaat' van New York zijn af te leiden uit de kaart?
b Welke factor, die niet te zien is op de kaart, heeft ook grote invloed op de hoogte van het energieverbruik?

Opdracht 18 Terugblik op paragraaf 3.1

a Welke begrippen uit paragraaf 3.1 horen bij de invloed die de natuur heeft op klimaatverandering?
b Welke figuren uit paragraaf 3.1 horen bij de invloed die de mens heeft op klimaatverandering?
c Geef voor elk begrip van vraag a en voor elke figuur van vraag b aan hoe groot de invloed op het klimaat is. Noteer een – voor nauwelijks invloed, ± voor matige invloed, + voor grote invloed en ++ voor zeer grote invloed.
d Welke conclusie kun je trekken uit je antwoord op vraag c?

Online extra
Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.

W12

Soort klimaat	Temperatuur	Wind	Bewolking	Neerslag	Zicht
Stadsklimaat	...	...	...	...	...
Landelijke omgeving	...	...	...	...	...



3.2 Gevolgen klimaatverandering voor laaggelegen kustgebieden

Een ongemakkelijke waarheid

In 2006 werd de film 'An Incovenient Truth' uitgebracht. Deze documentaire over de gevolgen van klimaatverandering kon rekenen op een grote publieke belangstelling. Als er nu geen maatregelen genomen worden, kan het wel eens verkeerd aflopen met de aarde, is de boodschap die Al Gore de wereld instuurt. Maar er is ook kritiek: sommige beelden zijn fictief en overdrijven de gevolgen van klimaatverandering. Nederland wordt in de film als voorbeeld van een laaggelegen kustgebied genomen. Landen die onder of dicht bij de zeespiegel liggen, zullen de gevolgen van klimaatverandering als eerste merken.

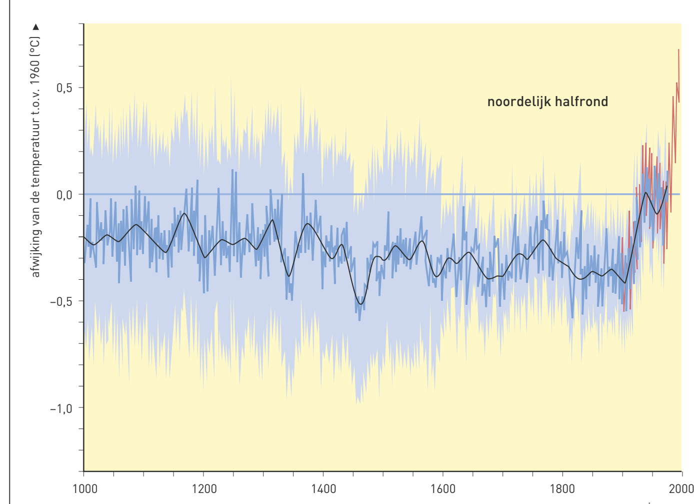
Risico's van klimaatverandering

▶ Het Intergovernmental Panel on Climate Change houdt zich als een organisatie van de Verenigde Naties bezig met het in kaart brengen van de risico's van klimaatverandering. Hierbij zijn honderden deskundigen uit diverse landen betrokken. Het IPCC doet zelf geen onderzoek, maar evalueert wetenschappelijk onderzoek op het gebied van:

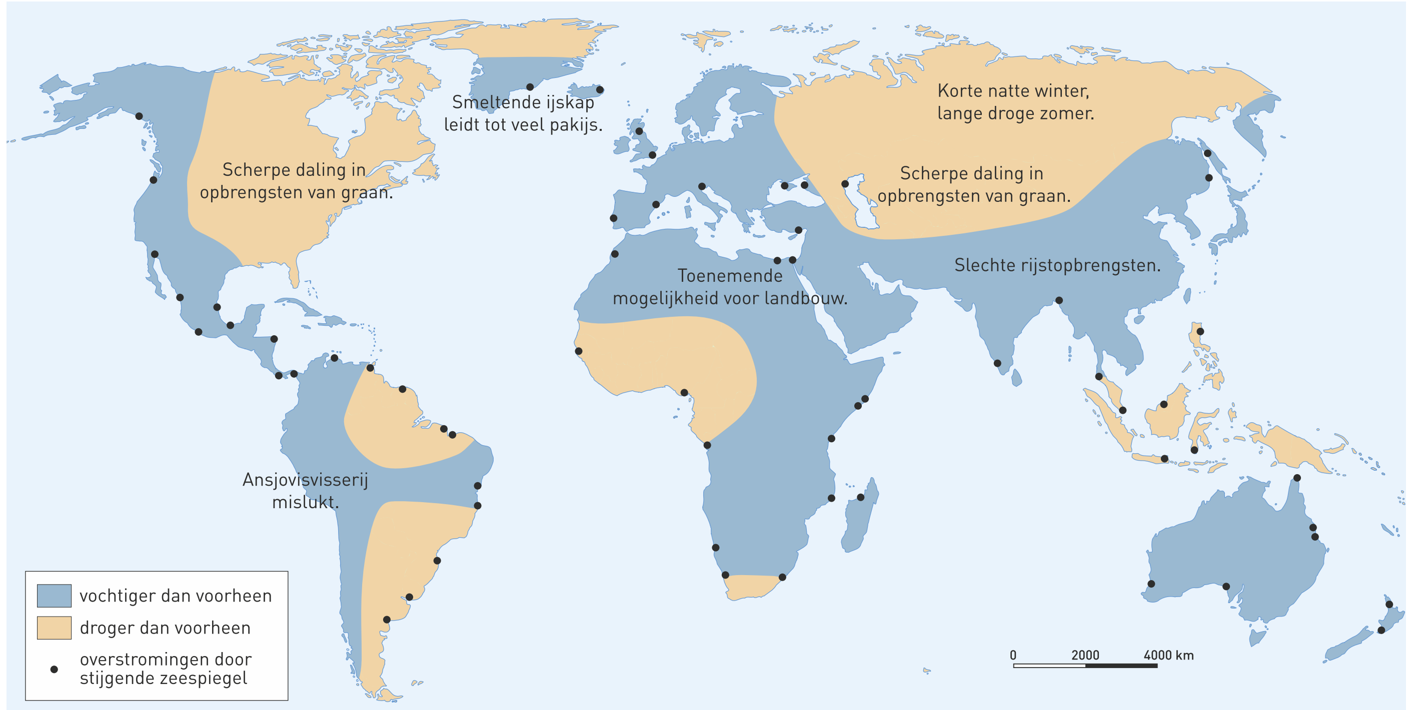
- de waterbalans: het smelten van landijs en het uitzetten van zeewater: de 'thermische expansie';
- de ecosystemen: bedreiging van de biodiversiteit;
- de kwetsbaarheid van kustgebieden: erosie en overstroming;
- de landbouw en visserij: het effect op de productiviteit;
- de industrie: de relatie met de versterking van het broeikaseffect;
- de gevaren voor de gezondheid.

> IPCC
> biodiversiteit

● Met behulp van computermodellen (scenario's) proberen klimatologen klimaatverandering en de risico's die daaraan verbonden zijn, naar waarde te schatten. Het model van de Amerikaanse klimatoloog Michael Mann vormt de basis van de IPCC-rapporten. De zogeheten 'hockeystickgrafiek' (figuur 3.11) laat zien dat de temperatuur vanaf de twintigste eeuw opmerkelijk stijgt. Berekeningen over de zeespiegelstijging zijn hieraan gekoppeld. De hockeystick is echter een suggestieve



Figuur 3.11 De hockeystick.



Figuur 3.12 Gevolgen op wereldschaal als de temperatuur met 1 graad stijgt.

grafiek die lijkt te wijzen in de richting van de mens als boosdoener. Om die reden heeft de prognose die gebaseerd is op het model van Mann, veel kritiek ondervonden. Klimaatsceptici betwisten de volledigheid van het wetenschappelijk onderzoek en het is ook maar de vraag of de afwijking van het temperatuurverloop in de periode die in beeld gebracht wordt, representatief is voor het aandeel van de mens.

● De risico's die gebieden lopen, zijn verschillend van aard en hangen onder meer af van de temperatuurstijging. Wat de mogelijke gevolgen zijn, kun je zien in figuur 3.12 en 3.13. Hoewel de klimaatmodellen een grote onzekerheidsmarge hebben, vormen de scenario's een basis voor het klimaatbeleid. Het is namelijk niet rechtvaardig om af te wachten wat er gaat gebeuren. Bij het nemen van maatregelen is het belangrijk om te kijken naar de haalbaarheid van plannen en niet te vergeten wat de effectiviteit is in afzonderlijke landen. Het formuleren

Scenario (jaar)	Temperatuurverandering	Zeespiegelstijging
Gematigd (2050)	+ 1 °C	15 - 25 cm
Warm (2050)	+ 2 °C	20 - 35 cm
Gematigd (2100)	+ 2 °C	35 - 60 cm
Warm (2100)	+ 4 °C	40 - 85 cm

Figuur 3.13 Klimaatscenario's voor de temperatuurverandering en de zeespiegelstijging in Nederland.

van een toekomstverwachting, de forecasting, heeft immers weinig zin als je niet bereid bent naar de consequenties voor het heden kijken. Dit noem je backcasting. Hierna kun je lezen hoe één en ander in de praktijk uitwerkt. De gevolgen van klimaatverandering voor twee landen worden met elkaar vergeleken: Nederland en Bangladesh.

Gevolgen van de klimaatverandering voor Nederland

▶ Volgens berekeningen van het KNMI zal de zeespiegel in Nederland enorm stijgen (figuur 3.12). Als gevolg hiervan is er een toenemende kans op overstromingen. In het kustgebied moet ook rekening worden gehouden met verzilting van landbouwgrond en de nadelige gevolgen voor de drinkwatervoorziening door de stijging van de zoutwaterspiegel. De overheid heeft veel geld beschikbaar gesteld om maatregelen te nemen tegen de gevolgen van klimaatverandering. De opgebouwde kennis die Nederland in de loop der eeuwen heeft opgedaan, is hierbij zeer waardevol.

> forecasting
> backcasting



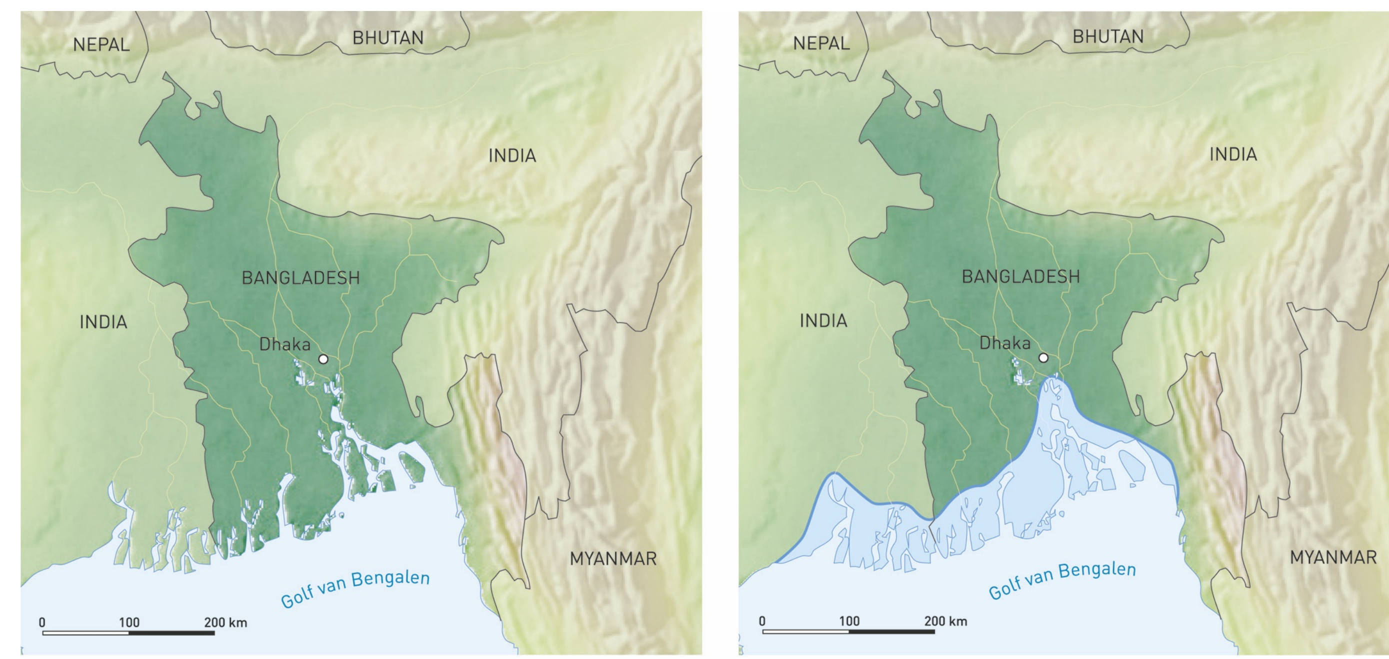
Figuur 3.14 Dijkverzwaring in het rivierengebied.

● Na de watersnoodramp van 1953 zijn in het Zeeuwse kustgebied technische maatregelen genomen om zulke overstromingen in de toekomst te voorkomen. Dit project, beter bekend onder de naam Deltawerken, heeft Nederland toonaangevend gemaakt op het gebied van watermanagement. Kustverdediging is niet nieuw en de hierna beschreven maatregelen om overstromingen door de zee tegen te gaan, zullen de komende jaren aandacht blijven vragen.

● Rond het jaar 1000 begon de mens met dijkaanleg om zichzelf tegen het water te beschermen. Inmiddels ligt er in Nederland ongeveer 3.500 km aan primaire waterkering die ons land beschermt tegen overstromingen vanuit de zee, de grote rivieren en bijvoorbeeld het IJsselmeer. Bovendien zijn er in de provincies kanaaldijken en kades aangelegd die Nederland moeten beschermen tegen overstromingen vanuit de binnenwateren.

● Behalve dijkaanleg zijn dijkverzwaring en dijkverhoging ook maatregelen als het gaat om de strijd tegen het water. Het gaat hierbij om het hoger maken of versterken van dijken. Vooral in het rivierengebied zorgen de verzwaarde en verhoogde dijken voor bescherming tegen de hogere afvoer van de rivieren als gevolg van de temperatuurstijging. Voor de kustgebieden geldt dat er in toenemende mate zandsuppletie moet worden toegepast om de huidige kustlijn zo veel mogelijk in stand te houden.

▶ Het rivierbeleid en daarmee de maatregelen om Nederland te beschermen tegen overstromingen, is sinds eind vorige eeuw



2009
populatie: 156 miljoen mensen
oppervlakte: 134.000 km²

Als de zeespiegel 1,5 m stijgt
aantal getroffen mensen: 23 miljoen (15%)
overstroomd oppervlak: 22.000 km² (16%)
overstroomd gebied

Figuur 3.15 Mogelijke gevolgen van de zeespiegelstijging voor Bangladesh.

> kustverdediging

> dijkaanleg
> dijkverzwaring

veranderd. Bij de laatste zeer hoge en bedreigende rivierstanden in Nederland in 1995 is gebleken dat een aantal woongebieden onvoldoende beschermd was tegen het water. In plaats van dijkverhoging en dijkverzwaring is gekozen voor een nieuwe aanpak: 'ruimte voor de rivier'. De twee belangrijkste doelstellingen van het beleidsplan zijn veiligheid en behoud van ruimtelijke kwaliteit.

▶ Nederland moet veel meer ruimte reserveren voor het bergen van overtollig water, en vooral bouwen op plaatsen waar geen overstromingen kunnen worden verwacht. Om grootschalige ontruiming van mensen als gevolg van overstromingen in de toekomst zo veel mogelijk te voorkomen, zijn sommige gebieden als overloopgebied aangewezen. Dit betekent dat een deel van bedijkte gebieden teruggegeven wordt aan de natuurlijke loop van rivieren. In perioden van hevige regenval en de verwerking van veel smeltwater vormen de rivieren dan een minder groot gevaar voor de mens.

■ Een andere maatregel is bijvoorbeeld de aanleg van nevengeulen in uiterwaarden. Dit vergroot de doorstroom zonder dat de uiterwaard in z'n geheel afgegraven hoeft te worden.

● Doordat de rivieren meer ruimte krijgen, moet het rivierengebied heringericht worden. Sommige gebieden krijgen een andere functie: woongebied kan bijvoorbeeld aangewezen worden als natuurgebied. Ook wordt bekeken welke gebieden geschikt zijn voor recreatie of voor economische doeleinden. Er wordt naar gestreefd de leefbaarheid en de ruimtelijke kwaliteit van het rivierengebied zo veel mogelijk te behouden.

Gevolgen van de klimaatverandering voor Bangladesh

▶ Waarom wonen er zoveel mensen in een gebied dat door jaarlijks terugkerende overstromingen veel slachtoffers eist, zul je je afvragen. De Bengalen zullen deze vraag waarschijnlijk beantwoorden met het opnoemen van de voordelen van het overvloedige water. Het water zorgt voor de aanwas van vruchtbaar land, grote visvoorraden en groene rijstvelden.

● Bangladesh is net als Nederland een dichtbevolkt land met een lage ligging ten opzichte van het zeeniveau. De overeenkomsten tussen beide landen houden hiermee echter op. Terwijl de Nederlandse overheid vaak een doeltreffend waterbeleid voert en ook de financiële middelen heeft om maatregelen te treffen, blijft Bangladesh ver achter.

> ontruiming



Figuur 3.16 Bebouwing te dicht langs de rivier.

Gevolgen van overstromingen in Bangladesh

Door de snelgroeiende bevolking is het in gebruik nemen van de riviervlaktes van de Ganges en de Brahmaputra vaak een noodgedwongen manier om te overleven. De bomen langs de rivier worden vaak gekapt, waardoor bij overstroming vaak hele stukken land in de rivier verdwijnen. Slechte of ontbrekende drainagesystemen zijn ook vaak mede de oorzaak van deze aardverschuivingen.
De sociale gevolgen van een overstroming zijn vaak enorm: duizenden dodelijke slachtoffers en soms wel miljoenen daklozen. Het aantal slachtoffers is zo groot doordat het natuurgeweld voor veel mensen onverwacht komt. Effectieve maatregelen, die ervoor moeten zorgen dat de kustlijn en de rivieroevers beschermd worden, ontbreken. De overheid heeft niet de middelen om te investeren in goedwerkende waarschuwingssystemen. Ook is er vaak geen evacuatieplan om bedreigde gebieden snel te kunnen ontruimen. Bijkomend gevolg is dat het verstrekken van noodhulp bemoeilijkt wordt door de slechte bereikbaarheid van de getroffen gebieden. Miljoenen milieuvluchtelingen zijn het gevolg.

Figuur 3.17

● Klimaatverandering ten gevolge van een versterkt broeikaseffect wordt grotendeels veroorzaakt door de kernlanden. De gevolgen van deze klimaatverandering zijn echter veel groter voor perifere landen, zoals Bangladesh. Een verdere zeespiegelstijging, een hogere afvoer en grotere verschillen in het debiet van rivieren en een toenemende kans op tropische stormen zullen in Bangladesh jaarlijks leiden tot meer overstromingen. De gevolgen van deze overstromingen zijn veel



Figuur 3.18 De moesson veroorzaakt ieder jaar overstromingen in Bangladesh.

schade aan landbouwgrond en een groot aantal slachtoffers (figuren 3.16, 3.17 en 3.18).

● Een deel van de discussie over klimaatverandering gaat over de vraag wie er nu eigenlijk moet opdraaien voor de kosten. De regering van Bangladesh zal met internationale hulp maatregelen moeten treffen om de gevolgen van een toenemend aantal overstromingen te beperken. Nederland, expert op het gebied van watermanagement, financiert verschillende kleinschalige waterprojecten in Bangladesh. Dat hierbij rekening gehouden moet worden met de lokale situatie, is een les die Nederland in het verleden heeft geleerd (figuur 3.19).

▶ In Bangladesh komt 's zomers een moesson voor. Tijdens het regenseizoen (juni tot oktober) valt er veel meer neerslag dan de rivieren kunnen verwerken. Ongeveer 30 tot 40% van het land wordt in het natte seizoen getroffen door wateroverlast. Toen de drie grootste rivieren van het land, de Brahmaputra, de Ganges en de Meghna, in 2004 vrijwel tegelijkertijd buiten hun oevers traden, was dit zelfs meer dan 60%.

Tijdens de moesson komen ook tropische stormen voor. Deze cyclonen kunnen zorgen voor enorme vloedgolven langs de kust. Bij een stijgende zeespiegel betekent dit dat Bangladesh nog meer water te verwerken krijgt.

Bengalen winnen de strijd tegen het water

De grootste fout in het waterbeheer die in de jaren zestig van de vorige eeuw gemaakt is, was het negeren van de lokale kennis en de participatie van de dorpelingen. Door de aanleg van ruim honderd polders nam de directe dreiging van wateroverlast af, zorgden de vruchtbare landbouwgronden voor recordoogsten en steeg de welvaart van de lokale bewoners aanzienlijk. Toch bleek de aanleg van deze polders op de lange termijn niet het gewenste effect te hebben. Het water kon alleen nog maar tussen de dijken in de kanalen en rivieren stromen, de enige plaats waar sediment kon worden achtergelaten. Het gevolg was een langzame stijging van de rivierbedding, waardoor de rivieren in de jaren negentig op sommige plaatsen zeer ondiep waren geworden. Tegelijkertijd klonken de polders in waardoor het niveau van het polderland lager kwam te liggen dan de rivierbedding. Rivierwater kon niet meer wegstromen uit de polders, met rottend, stilstaand water als gevolg. Omdat het vruchtbare slib uit de rivier de polders niet meer bereikte, raakten de landbouwgronden uitgeput. Bovendien daalde de visstand dramatisch.

Het nieuwe waterbeleid in Bangladesh richt zich nu veel meer op de situatie in de dorpen zelf. Hierbij wordt verder gedacht dan alleen het controleren van de watersituatie. De nieuwe aanpak heeft het dorpje Tetail, even buiten de hoofdstad, veel voorspoed gebracht. De sluis die onlangs voltooid is, betekent een revolutie voor het dorp. Generaties waren afhankelijk van de grillen van de rivier, maar vanaf nu hebben de dorpsbewoners de watersituatie zelf in de hand. Veel inwoners hebben zich intussen aangesloten bij de watercoöperatie van het dorp. Deze coöperatie kan goedkope kunstmest leveren, evenals kennis op het gebied van landbouw en bestrijdingsmiddelen en zelfs microkredieten voor de aanschaf van bijvoorbeeld een geit of een nieuw dak. Deze vorm van waterbeheer, waarbij de ontwikkeling van Bangladesh de inzet is, heeft de toekomst.

Figuur 3.19

Opdrachten 3.2

Deelvragen
4 Welke gevolgen heeft het klimaatvraagstuk voor laaggelegen kustgebieden?
5 Wat is de invloed van lokale omstandigheden op het nemen van maatregelen met betrekking tot klimaatverandering?

Opdracht 19 IPCC K
a Met welk doel is het IPCC opgericht?
b Op welk schaalniveau functioneert het IPCC?
c Het IPCC evalueert onderzoek op verschillende gebieden. Welke gebieden zijn dit?

Opdracht 20 Hockeystick I
Bekijk figuur 3.11.
a Zoek in de atlas de kaart op die het temperatuurverloop in Nederland in 1906-2005 weergeeft. Kun je hierin een aanwijzing voor de 'hockeystickhypothese' vinden? Licht je antwoord toe.
b Bekijk ook GB 219E. Geeft de weergave van de gemiddelde temperatuurafwijking een ondersteuning voor de 'hockeystickhypothese'?
c Vergelijk de ontwikkeling van de CO_2-uitstoot met de stijging van de temperatuur op GB 219E. Toon aan dat zowel het IPCC als de klimaatsceptici in de grafiek hun gelijk zien.

Opdracht 21 Klimaatscenario's K
a Welke figuur in paragraaf 3.2 laat verschillende klimaatscenario's van het KNMI zien?
b Leg uit wat bedoeld wordt met G en W+.
c Klimaatscenario's vormen de basis voor het klimaatbeleid. Het formuleren van een toekomstverwachting (1) heeft weinig zin als je niet bereid bent naar de consequenties voor het heden (2) te kijken. Welke begrippen zijn van toepassing op nummer 1 en 2?

Opdracht 22 Klimaatverandering en scenario's I
a Lees W13. Welke gevolgen van klimaatverandering in Nederland herken je in W13? Geef er minimaal drie.
b De prognoses zijn verschillend ontvangen. Uit welke hoek komen de volgende reacties op de KNMI-publicatie? Kies uit: vertegenwoordiger uit de Nederlandse landbouwsector, deskundige op het gebied van natural hazards (natuurrampen), ontwikkelingsmedewerker uit Bangladesh, specialist op het terrein van gletsjers.
I 'Het begin van het verhaal vond ik zinnig, maar verderop in het verhaal werden verbanden gelegd die ik niet voor mijn rekening zou durven nemen.'
II 'Nederland is slecht beveiligd tegen overstroming. De kans op overstromen van het laaggelegen Nederland is groter dan maatschappelijk verantwoord. De rivierafvoer is groter en de golven van de Noordzee zijn krachtiger dan voorzien. Bovendien zijn de polders verder gedaald en wonen er veel meer mensen achter de dijk dan toen het Deltaplan, midden vorige eeuw, werd ontwikkeld.'
III 'Ik wacht wel af. Als ze het maar niet gebruiken om van de landbouwsubsidies af te komen.'
IV 'Met wat andere planologie komt Nederland er nog wel uit, maar hoe moet het nu bij ons?'

W13 De langetermijnverwachting volgens het KNMI.

De effecten van de klimaatverandering, groter of kleiner, zijn voor de Nederlandse samenleving in elk van de scenario's aanzienlijk. Vooral op het gebied van water. De grote rivieren in Nederland krijgen vooral in de winter meer water te verstouwen. En dat terwijl de zeespiegel stijgt. Het zal meer moeite kosten om het rivierwater de zee in te krijgen. In de drogere zomers is de waterstand in de rivieren daarentegen laag en zal dit de scheepvaart hinderen.

Opdracht 23 Nederland en Bangladesh K/I
Lees in in paragraaf 3.2 de tekst over Nederland en Bangladesh. Bekijk ook de bijbehorende figuren.
a Noteer twee overeenkomsten en twee verschillen tussen Nederland en Bangladesh.
b De figuren 3.17 t/m 3.19 brengen zowel oorzaken als gevolgen van overstromingen in beeld. Neem W14 over en noteer de belangrijkste oorzaken en gevolgen uit de figuren.

Opdracht 24 Amersfoort aan zee I
a Lees W15 en gebruik je atlas. Download en print W16 en teken de kustlijn van Nederland zonder dijken.
b Welke atlaskaart heb je gebruikt voor je antwoord?
c Zowel vanuit demografisch als vanuit economisch oogpunt is het belangrijk om Nederland te (blijven) beschermen tegen de zee. Leg dit uit met behulp van twee verschillende kaarten uit de atlas. Noteer ook het nummer van de gebruikte kaarten.

W14

Figuurnummer	Oorzaken	Gevolgen
3.17	...	...
3.18	...	...
3.19	...	...

W15

Meer dan de helft van Nederland ligt beneden zeeniveau. Wanneer er geen duinen en zeedijken zouden zijn, is het niet ondenkbaar dat Amersfoort net als 110.000 tot 150.000 jaar geleden aan zee komt te liggen. Ook rivierdijken zijn van groot belang, anders zou tweederde van Nederland regelmatig onder water staan.

Opdracht 25 Zeespiegelstijging K/I
Bekijk figuur 3.12.
a Wat is het te verwachten gevolg van het versterkte broeikaseffect voor de temperatuur op aarde?
b Hoe hoog is de verwachte zeespiegelstijging in Nederland voor de komende honderd jaar?
c Geef twee redenen waarom de zeespiegel zal stijgen.
d Stijging van de zee wordt in Nederland in verband gebracht met toename van de verzilting. Hoe ligt deze relatie? Gebruik in je antwoord: kwel, riviermondingen, infiltratie, duinen en dijken.
e Laaggelegen eilanden (atollen) in de Grote Oceaan maken zich, behalve over de verzilting van hun (beperkte) bodemwater, vooral zorgen om de thema's kustverdediging en verdrinking. Leg een relatie tussen deze drie termen.

Opdracht 26 Temperatuur en rijstopbrengst K/I
Bekijk figuur 3.13 en gebruik GB 196.
a Wat gebeurt er met de klimaatzones op het noordelijk halfrond als de temperatuur gaat stijgen?
b Wanneer de temperatuur op aarde gemiddeld met 1 graad toeneemt, zal de rijstopbrengst in Midden- en Zuid-Azië lager worden. Geef hiervoor een verklaring.
c Waarom zal de te verwachten slechte rijstopbrengst juist in Zuidoost-Azië rampzalig zijn?

Opdracht 27 Bangladesh en klimaatverandering K/I
Gebruik de figuren 3.15 en 3.19.
a Leg met behulp van figuur 3.15 uit wat de mogelijke gevolgen van een zeespiegelstijging zijn voor Bangladesh.
b Welke twee technische maatregelen neemt Nederland tegen overstromingen en welke twee maatregelen neemt Bangladesh (figuur 3.19)?
c Beredeneer hoe de situatie in Nederland zou zijn geweest wanneer de economische situatie van Bangladesh op Nederland van toepassing zou zijn.
d Lees figuur 3.19. Leg uit dat rekening houden met de lokale omstandigheden minstens zo belangrijk is als financiële steun. Ga daarbij in op het vroegere waterbeleid en de nieuwe aanpak.

Downloaden en printen!
W16 Blanco kaart van Nederland.



Opdracht 28 Terugblik op paragraaf 3.2
Bangladesh en Nederland zijn twee voorbeelden van laaggelegen kustgebieden. De maatregelen die beide landen (kunnen) nemen bij de mogelijke gevolgen van klimaatverandering zijn (noodgedwongen) verschillend. Licht dit toe met het vergelijken van drie indicatoren tussen beide landen uit de atlas.

Online extra
Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.



3.3 Positieve en negatieve gevolgen van klimaatverandering

Overwinteren in Zeeland?

Januari 2050. Steeds vaker kiezen zestigplussers ervoor om te overwinteren in Zeeland. De provincie met het hoogste aantal zonuren is geliefd bij zowel Nederlanders als Duitsers. Voorheen waren landen in het Middellandse Zeegebied, zoals Spanje, populair om er de winter door te brengen. Maar sinds deze gebieden steeds vaker te maken hebben met extreme hitte en droogte, waardoor het risico op bosbranden groot is, kiest men liever een bestemming dichter bij huis.

Klimaatverandering: een lastig probleem

▶ Het klimaatprobleem is voor veel landen een ingewikkeld vraagstuk. In ruim een eeuw tijd is de temperatuur ongeveer 1 °C gestegen (figuur 3.5). Dit lijkt niet zo veel, maar een geleidelijke temperatuurstijging kan wel gevolgen hebben voor het klimaat op de langere termijn.

● De bezorgdheid over het verschuiven van de klimaatzones is regelmatig in het nieuws. De verspreiding van organismen op aarde in biogeografische zones, zoals de Atlantische zone, de Alpiene zone en het Middellandse Zeegebied, zal dan veranderen. Ook kan er grond verdwijnen uit bewoonde gebieden. Landbouwgrond kan onbruikbaar worden door verdrinking (overstroming) en het binnendringen van zout water door de zeespiegelstijging kan verzilting tot gevolg hebben. Verdroging treedt op wanneer de neerslag in een gebied afneemt of wanneer de verdamping door de temperatuurstijging toeneemt.

▶ De kwetsbaarheid van gebieden hangt af van natuurlijke factoren zoals de bodem, de waterhuishouding en de kenmerken van de natuurlijke omgeving. Bovendien wordt de samenleving op verschillende terreinen geconfronteerd met de gevolgen van klimaatverandering, bijvoorbeeld op het gebied van voedselproductie, gezondheid, transport, energie en toerisme. Deze zijn op allerlei schaalniveaus merkbaar en worden zichtbaar wanneer je ze bekijkt vanuit verschillende dimensies.

● Voor de economische ontwikkeling van gebieden betekent het in sommige landen een aanpassing aan de veranderde natuurlijke omstandigheden. Hierbij kun je denken aan landen die te maken krijgen met extreme droogte of een grotere neerslagvariabiliteit. Wanneer er in een korte tijd meer neerslag valt in de vorm van stortbuien, heeft dit gevolgen voor het debiet van rivieren. Het risico op overstromingen in de winter neemt dan toe. Deze overstromingen kunnen leiden tot het wegspoelen van de vruchtbare bodem. Bij extreme droogte kan er bodemdegradatie optreden en ten slotte verwoestijning. Zowel door extreme droogte als door een hogere neerslagintensiteit is minder goede landbouwgrond beschikbaar. Behalve voor de voedselvoorziening in de landen zelf kan dit ook nadelige gevolgen hebben voor de export van voedselgewassen.

● De (geo)politieke machtsverhoudingen kunnen ook veranderen. In het klimaatdebat speelt regelmatig de vraag wie nu eigenlijk de verantwoordelijkheid moet nemen voor de vervuiling. De minder ontwikkelde landen wijzen naar de ontwikkelde landen, die niet alleen gebruikmaken van de milieugebruiksruimte in arme landen, maar die ook nog steeds verantwoordelijk zijn voor de hoogste CO_2-uitstoot. De rijke landen steunen op hun beurt de economische ontwikkeling in

> biogeografische zones

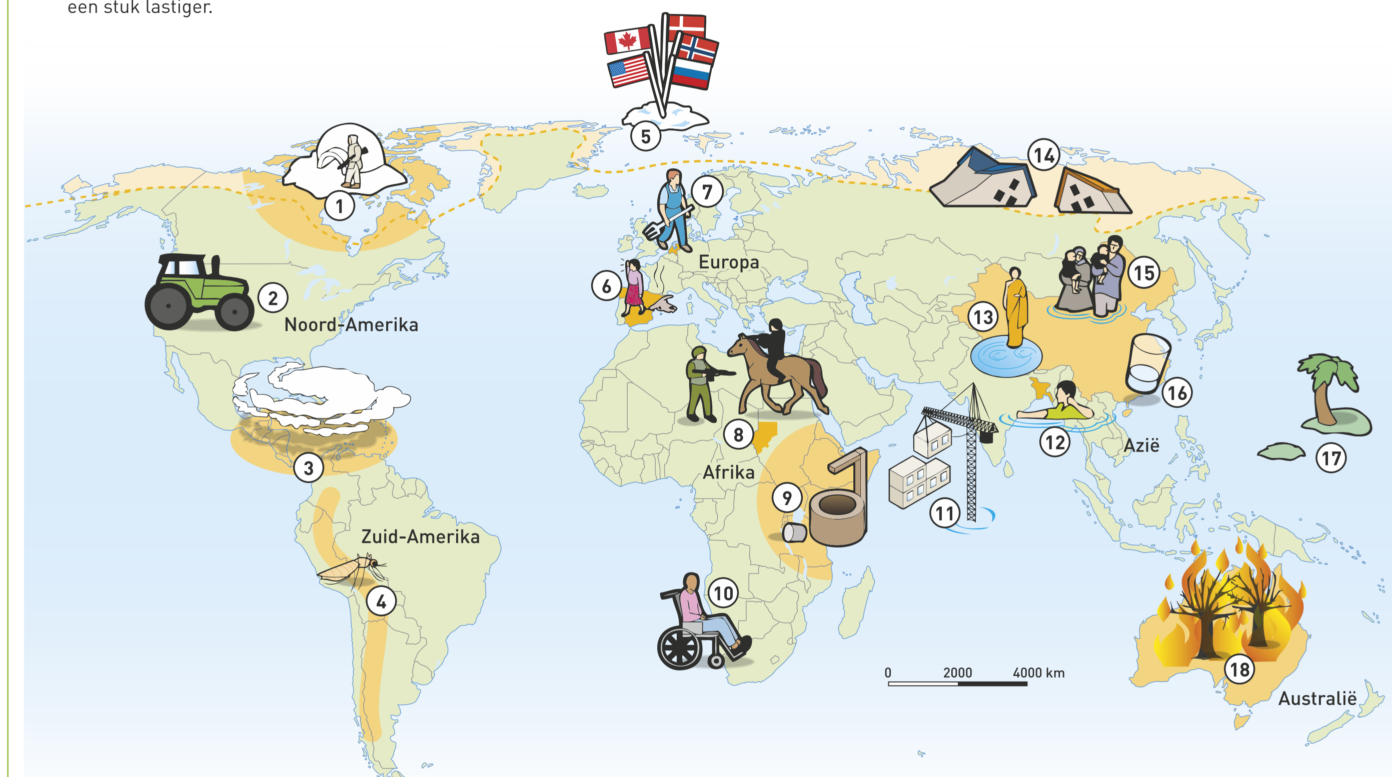
> verdrinking

> verzilting

> verdroging

> neerslagvariabiliteit

1. Het leef- en jachtgebied van de Inuit wordt kleiner. Er is steeds minder voedsel en handelswaar beschikbaar.
2. De voedselproductie kan zowel positief als negatief beïnvloed worden (drogere en nattere gebieden).
3. De maatschappelijke gevolgen van Atlantische stormen en tropische orkanen kunnen enorm zijn. Rijke landen kunnen maatregelen nemen, voor arme landen is dat een stuk lastiger.
4. Door een warmer klimaat kunnen insecten (zoals de malariamug) op steeds meer plekken overleven. De gevaren voor de gezondheid nemen toe.
5. Geopolitieke strijd om de Noordpool. Mogelijk zijn er belangrijke voorraden olie, gas en mineralen te vinden.
6. Mogelijke verwoestijning door steeds droger en warmer klimaat in Spanje. Toeristen blijven weg, grote economische schade.
7. Grotere kans op overstromingen en dijkdoorbraken. Er komen meer opvangbekkens en noodoverloopgebieden voor rivierwater. Dit gaat ten koste van woningen, boerderijen en weilanden.
8. Ecologische conflicten nemen toe: gevecht om grond, voedsel en drinkwater.
9. Droogte leidt tot bodemuitputting en tot het opdrogen van waterbronnen.



10. Cassave wordt giftiger naarmate er meer CO2 in de lucht is. Het (rauw) eten van de plant kan leiden tot permanente beenverlamming.
11. Klimaatverandering-proof dorp op de Malediven, waar huizen op palen gebouwd worden.
12. In de moessonperiode verdwijnt een kwart van Bangladesh onder water. Het land is daardoor heel kwetsbaar voor klimaatveranderingen.
13. De grote rivieren in Azië bedreigen het leefgebied van meer dan een kwart van de wereldbevolking. Klimaatverandering kan leiden tot overstromingen en erosie, maar ook tot het droogvallen van rivieren.
14. De permafrost ontdooit, waardoor huizen, wegen en pijpleidingen verzakken.
15. Het aantal klimaatvluchtelingen neemt toe: schattingen voor 2050 lopen uiteen van 200 tot 700 miljoen.
16. Toenemende watertekorten in China door te weinig neerslag, een hogere verdamping en te veel irrigatie. Minder water in de rivieren zorgt ook voor een sterkere vervuiling van het resterende water.
17. Tropische eilanden in de Stille Oceaan zouden onder de zeespiegel kunnen verdwijnen. Steeds meer koraalriffen sterven af door verzuring van de oceaan.
18. Droogte maakt gebieden kwetsbaar voor (bos)branden. Bij deze branden komen schadelijke stoffen vrij.

Figuur 3.20 De belangrijkste gevolgen van de klimaatverandering.

arme landen, maar de gevolgen voor het milieu, die onvermijdelijk zijn, moeten wel passen in de mondiaal gemaakte afspraken van het Kyotoprotocol.

- Op lokale en regionale schaal heeft klimaatverandering impact op het leefgebied van de inheemse bevolking. In paragraaf 3.2 heb je kunnen lezen wat de gevolgen zijn voor een arm land als Bangladesh. Maar ook in landen waar nog relatief veel tropisch regenwoud is, zoals in Indonesië en Maleisië, kan de grote vraag naar hout negatieve gevolgen hebben voor de lokale bevolking. In Indonesië gaat veel landbouwgrond verloren ten behoeve van bijvoorbeeld de investering in oliepalmplantages en ten koste van het leefgebied van de dorpsbewoners.

▶ In figuur 3.20 zie je wat wereldwijd de belangrijkste gevolgen kunnen zijn van klimaatverandering. Je moet je hierbij wel afvragen of het in alle gevallen erg is dat het klimaat verandert. Het klimaatdebat richt zich vaak alleen op de negatieve gevolgen, temeer omdat hiermee zowel economische als politieke belangen gemoeid zijn.

- Op Europese schaal is de betere groeikans voor bossen en een hogere productiviteit een positieve bijkomstigheid. Een ander voordeel is dat er door een gunstiger klimaat in sommige gebieden kansen zijn voor toerisme. Voor ouderen kan een warmer klimaat ook prettiger zijn. Nederlandse zestigplussers hoeven dan bijvoorbeeld niet meer te overwinteren in Spanje. In Arctische gebieden, zoals Groenland, kunnen snellere vaarroutes komen door het ontbreken van ijs. En ook zijn gebieden die mogelijk rijk zijn aan delfstoffen, beter bereikbaar.
- De negatieve gevolgen hebben in het klimaatdebat echter de overhand. In het Middellandse Zeegebied zal het watertekort als gevolg van droogte, de toename van het waterverbruik in de toeristische industrie en het toepassen van irrigatie voor de landbouw toenemen. Steeds langere droge perioden verhogen ook de kans op bosbranden.
- Wat voor sommige gebieden als positief ervaren wordt, kan voor andere gebieden heel anders uitpakken. Voor het skitoerisme zijn hogere temperaturen juist nadelig. In de Alpen kan hierdoor de sneeuwgrens eind deze eeuw enkele honderden meters hoger liggen dan nu. Sommige gebieden krijgen volgens de voorspellingen meer neerslag te verwerken, waardoor de kans op overstromingen (vooral in de winter) aanzienlijk toeneemt. In de zomer daarentegen hebben de scheepvaart en de elektriciteitscentrales juist last van een te lage waterstand.

De elektriciteitscentrales kunnen maar in beperkte mate koelwater lozen, omdat een teveel aan warm water nadelige gevolgen heeft voor de flora en fauna in en bij de rivier. En zeewater dat warmer is dan 27 °C, kan zorgen voor de ontwikkeling van meer orkanen.

Kortom: het klimaatsysteem reageert op de vier elementen vuur, water, aarde en lucht. Om de schade die zij aan het klimaatsysteem toebrengen te beperken, is er (meer) overleg en samenwerking nodig om een effectief beleid te kunnen formuleren. Dat dit nog niet zo eenvoudig is, kun je lezen in figuur 3.21.

> Kyotoprotocol

Op het breukvlak van kennis en beleid

Klimaatdeskundigen werden onlangs in Den Haag aan de tand gevoeld. De tegenstrijdige meningen buitelden over elkaar heen.

Ze zien elkaar zelden, de Nederlandse wetenschappers, sceptici, wetenschapsjournalisten en beleidsmakers uit de wereld van het klimaat. Maar gisteren waren ze er allemaal, bij de hoorzitting van de Tweede Kamercommissie van het ministerie van VROM over enkele recente fouten in internationale klimaatrapporten. Een dag lang ondervroegen de commissieleden alle betrokkenen. Ze luisterden naar Arthur Rörsch (ex-TNO), die denkt dat het allemaal de schuld is van waterdamp en wolken. Naar Rob van Dorland (KNMI), die zei dat de invloed van de zon zeer bescheiden is. Naar Bas van Geel (UvA), die ongeveer het tegenovergestelde beweerde. Naar Henk Tennekes (ex-KNMI), die zich afvroeg waar de warmte blijft, terwijl de oceanen de laatste decennia nauwelijks opwarmen. Naar Salomon Kroonenberg (TU Delft), die uitlegde dat de gletsjers weliswaar kleiner worden, maar nog steeds niet zo klein als ten tijde van de Romeinen. Naar Klaas van Egmond (Universiteit Utrecht), die vond dat de broeikastheorie de beste verklaring biedt voor het opwarmen van de aarde. (...) Als er één ding duidelijk werd, is het wel dat er binnen de klimaatwetenschap nog steeds heel veel onduidelijk is ...

Figuur 3.21

Opdrachten 3.3

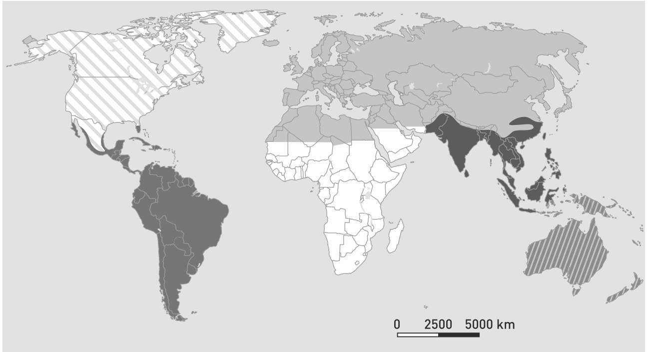
Deelvraag
6 Wat zijn de positieve en negatieve effecten van klimaatverandering?

Opdracht 29 Gevolgen van klimaatverandering K
Lees paragraaf 3.3.
a Geef een voorbeeld van een positief gevolg van klimaatverandering voor mens en milieu.
b Geef een voorbeeld van een negatief gevolg van klimaatverandering voor mens en milieu.
c Bespreek je voorbeelden met een medeleerling.

Opdracht 30 Ecologische landschapszones K
a Wat wordt bedoeld met biogeografische zones?
b Download en print W17. Vul de legenda in met de juiste cijfers:
1= Afrotropisch, 2= Australaziatisch, 3= Indomaleisisch/Oriëntaals, 4= Neotropisch, 5= Nearctisch en 6= Arctisch.
c Geef aan welke gebieden naar verwachting groter worden wanneer het klimaat warmer wordt.

Opdracht 31 Gletsjers en klimaatverandering K/I
a Bekijk W18. De pijlen in W18 geven de zijmorenen van de Morteratsch- en de Persgletsjer aan. De ligging van deze zijmorenen geeft informatie over de omvang van de gletsjers in het verleden.
Beredeneer welke conclusie je kunt trekken over de omvang van de gletsjers door te kijken naar de ligging van de zijmorenen.
b De witte lijn in W18 is de zogenaamde evenwichtslijn. Leg uit wanneer er sprake is van een evenwicht bij de gletsjers.
c Beredeneer in welke richting de gletsjers in de nabije toekomst zullen verschuiven, gelet op de huidige mondiale klimaatverandering.
d Welk gevolg heeft de bedoelde verschuiving in vraag c voor het toerisme? Licht je antwoord toe.

W17 Biogeografische zones. **Downloaden en printen!**



Biogeografische zones

W18 De Morteratsch- en Persgletsjer in Ober-Engadin (Zwitserland).



Opdracht 32 Neerslagvariabiliteit I
Gebruik GB 195C en 219C.
a Wat wordt bedoeld met neerslagvariabiliteit?
b Welk verband kun je afleiden als je beide kaarten met elkaar vergelijkt?
c Wat is het belangrijkste gevolg van bodemaantasting door afstromend water?
d Welke andere vorm van bodemaantasting komt vooral voor in gebieden met weinig neerslag?

Opdracht 33 Verschillende dimensies V

Bekijk figuur 3.20 en lees in het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' achter in dit boek de tekst onder 4C 'Het bekijken van verschijnselen of gebieden vanuit verschillende dimensies'.

a De gevolgen van klimaatverandering kunnen bekeken worden vanuit verschillende dimensies. Noteer de gevolgen uit de legenda van figuur 3.20 onder elkaar en zet erachter vanuit welke dimensie het gevolg bekeken wordt. Kies uit: natuur, economie, politiek of sociaal-cultureel.

b Bedenk een mogelijke oplossing voor de genoemde knelpunten.

Opdracht 34 Kennis en beleid I/V

Lees de tekstbron van figuur 3.21 en het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' achter in dit boek.

a Kies één standpunt uit waarin jij je het beste kunt vinden. Leg uit waarom je het eens bent met dit standpunt.

b Geef twee redenen van verschillende aard die aangeven dat het moeilijk is om effectief beleid te maken om klimaatverandering tegen te gaan.

VERDIEPING

Opdracht 35 Natuurlijke omstandigheden in Uganda I

Bekijk W19. Gebruik ook GB 163, 165, 166 en 220D.

a Wat is de natuurlijke plantengroei in Uganda?

b Bekijk GB 220D. Welke verandering treedt er op bij de natuurlijke plantengroei?

c Waarom is deze verandering onvermijdelijk?

d Welke exportgewassen worden in Uganda verbouwd?

Opdracht 36 Koffie uit Uganda I

a Wat gebeurt er met de verbouw van koffie in Uganda als de temperatuur 2 °C zou stijgen?

b Waarom zou dat rampzalig zijn voor een land als Uganda?

c Gebruik GB 217B. Welke temperatuurverandering verwacht men in dit land?

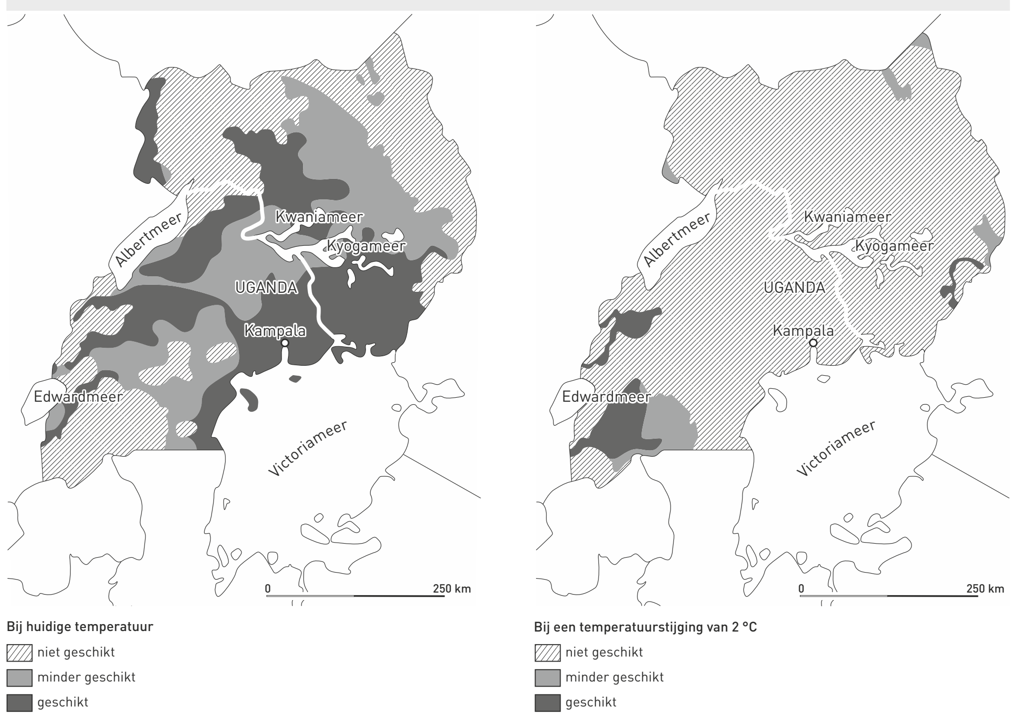
d Wat betekent dit voor de mogelijkheden voor de verbouw van koffie?

Opdracht 37 Droogte in Zuid-Spanje I

Gebruik GB 77, 117A en B en 196 en W20.

Zoek de rivier de Ebro op en de streken Murcia en Andalusië.

W19 Minder Robusta-koffie in Uganda?



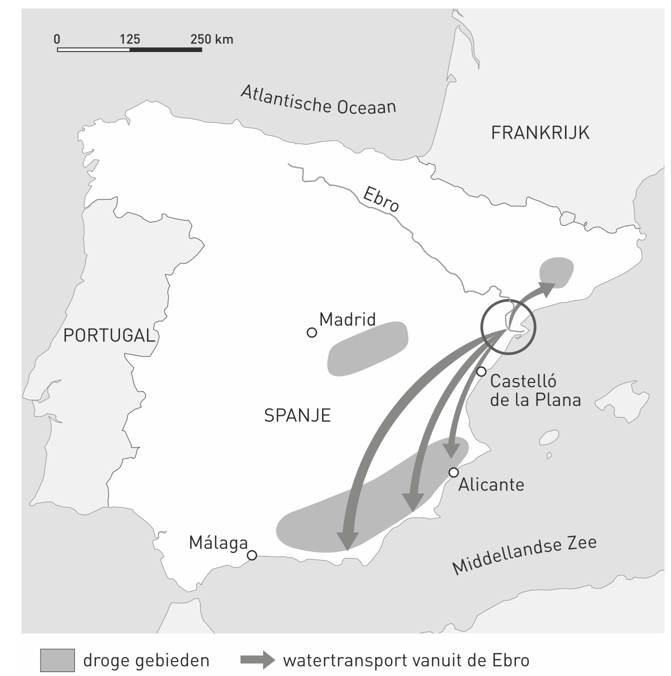
a Welk klimaat heerst er in Zuid-Spanje?

b Leg uit waarom het in Zuid-Spanje warmer is dan in Nederland.

c Hoeveel neerslag valt er volgens GB 117B in de volgende gebieden:
- Murcia,
- Andalusië,
- de Ebro?

d Wordt het water van de rivier de Ebro gebruikt voor de landbouw? Welke kaart geeft een aanwijzing?

W20 Watertransport vanuit de Ebro.



Opdracht 38 Gevolgen van droogte in Zuid-Spanje I

Bekijk nogmaals W20 en lees W21.

a Wat zijn de gevolgen van grootschalige irrigatieprojecten in het gebied van de Ebro voor de bodem? Licht je antwoord toe en noem ook de gebruikte kaart.

b Welke maatregelen wil men nemen om het watertekort in het zuiden van Spanje te verminderen?

c Wat zullen de gevolgen voor het gebied rond de Ebro zijn? Noteer er twee en licht je antwoord toe.

d Een aantal eeuwen geleden heerste er in het zuiden van Spanje een ander klimaat. Welke aanwijzing heb je daarvoor?

e Zal de verandering van het klimaat van Spanje te maken hebben gehad met het versterkte broeikaseffect? Licht je antwoord toe.

f Wat zijn volgens W21 de actuele gevolgen van klimaatverandering voor Zuid-Spanje?

g Welke klimaatzone komt in Zuid-Spanje te liggen als de klimaatgordels 300 km opschuiven?

W21 Oplossing voor de droogte in Zuid-Spanje?

De komende acht jaar wil de Spaanse regering 19 miljard euro uittrekken voor 112 nieuwe stuwmeren, hergebruik en waterbesparende maatregelen, verbeterde irrigatiesystemen en modernisering van kanalen en waterwegen. Het meest omstreden onderdeel is de overheveling van meer dan een biljoen liter water uit de rivier de Ebro naar de kuststreken in de regio's Murcia en Andalusië. Voor 4,3 miljard euro zal in de komende tien jaar meer dan 1.000 km aan kanalen worden aangelegd. De EU-fondsen leveren een financiële bijdrage. De waterstroom moet Murcia en Andalusië veranderen in de groene tuin die het ooit in de Moorse periode is geweest. Tegenstanders wijzen erop dat de uiteindelijk doorberekende waterprijs alleen haalbaar is voor grote agrarische complexen, golfbanen en toeristenoorden. De vochtige delta van de Ebro zal verdwijnen als grofweg een zesde deel van het water moet worden afgestaan. Dit soort grootschalige projecten vinden ze een sociaal, technisch en ecologisch achterhaalde methode om watertekorten te verhelpen.

Opdracht 39 Terugblik op paragraaf 3.3

Welke figuur uit paragraaf 3.3 geeft de kern van de paragraaf weer?

Online extra

Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.

Afsluiting

Slotopdracht

De titel van dit hoofdstuk is ‘Klimaatverandering in perspectief’.
Geef commentaar op deze titel waarbij je ingaat op de rol van de natuur en de rol van de mens.

Leeroverzicht

Na de bestudering van dit hoofdstuk en het maken van de opdrachten:

- ❍ kun je beargumenteren dat het mondiale klimaatvraagstuk niet onomstreden is;
- ❍ weet je hoe het menselijk handelen in verband gebracht kan worden met processen in het klimaatsysteem. Hierbij heb je kennis van de uitstoot van broeikasgassen en de natuurlijke gevolgen voor temperatuurstijging, zeespiegelstijging, afname landijsbedekking en toename van de neerslagvariabiliteit;
- ❍ kun je argumenten beoordelen op grond van het gebruik van dimensies en ruimtelijke schaal;
- ❍ kun je een mening geven over de kwaliteit van een redenering over de rol van menselijke en natuurlijke factoren in de discussie over het actuele klimaatvraagstuk;
- ❍ weet je wat de gevolgen van klimaatveranderingen kunnen zijn voor natuur en maatschappij. Hierbij kun je ingaan op de verschuiving van klimaatzones, vegetatiezones en biogeografische zones. In je beschouwing kun je duidelijk maken welke gevolgen er kunnen zijn voor biodiversiteit, landbouw en veiligheid;
- ❍ weet je duidelijk te maken dat naarmate een gebied technisch en economisch meer ontwikkeld is, de kwetsbaarheid voor de gevolgen van klimaatverandering kleiner, maar de economische schade groter is. Hierbij ga je in op natuurlijke en maatschappelijke factoren;
- ❍ kun je een vergelijking maken tussen de gevolgen van klimaatverandering voor laaggelegen kustgebieden in arme en rijke landen;
- ❍ kun je de verschillen in aanpak van laaggelegen kustgebieden in arme en rijke landen verklaren vanuit verschillende dimensies.

Begrippen

backcasting, biodiversiteit, biogeografische zone, broeikasgassen, dijkaanleg, dijkverzwaring, externe variabelen, forecasting, interne variabelen, IPCC, kustverdediging, Kyotoprotocol, neerslagvariabiliteit, ontruiming, verdrinking, verdroging, verzilting.

Extra Casus Natuur versus mens

Natuur versus mens V

Klimaatverandering is een actueel onderwerp. Maar wat is er nu eigenlijk allemaal waar? Hebben de aanhangers van Al Gore met zijn spraakmakende film ‘An Inconvenient Truth’ gelijk of ligt het toch wat genuanceerder en speelt de natuur zelf ook een rol?
Bij deze opdracht ga je kijken naar ‘de mens’ tegenover ‘de natuur’. Welke argumenten onderbouwen de stelling ‘De mens speelt een bepalende rol in de klimaatverandering’? En in hoeverre bepalen natuurkrachten de klimaatverandering?
En belangrijker nog: jullie gaan zelf een mening vormen over dit onderwerp. Je gebruikt hierbij het vaardighedenoverzicht achter in dit boek. Je maakt deze opdracht in drietallen. Het mag ook in tweetallen of alleen, maar dan ben je meer tijd kwijt!

Voor je begint, ga je eerst aan de slag met de volgende opdrachten.

Opdracht 1 ‘An Inconvenient Truth’

a Bekijk op YouTube de film ‘An Inconvenient Truth’.
b Een ongemakkelijke waarheid? Volgens critici klopt het beeld van ‘An Inconvenient Truth’ niet. Zoek op www.klimaatfraude.info/ naar de video ‘De 35 leugens in Al Gore’s inconvenient Truth’.

Opdracht 2 Klimaatsceptici

a Bekijk nog eens de video van de slotopdracht van hoofdstuk 2 (professor Kroonenberg).
Maak een samenvatting van de informatie die besproken wordt.
b Zoek op internet meer informatie over de invloed van de natuur en de mens.

Enkele tips:
- film: The Great Global Warning Swindle
- http://video.google.nl/videoplay?doc id=-5576670191369613647#
- www.knmi.nl/klimaatverandering
- http://nos.nl/dossier/98683-klimaat/
- het archief van verschillende kranten

* Voor links in opdrachten kun je ook terecht op www.degeo-online.nl

Opdracht 3 Eindproduct

Het eindproduct kan zijn:
- een verslag,
- een PowerPoint-presentatie met toelichting,
- een interview,
- een krant,
- een film,
- iets anders ... (overleg met je docent).

Overleg met je docent welk eindproduct je gaat maken. In ieder geval komen de volgende onderwerpen/vragen aan de orde:
- In hoeverre zijn natuurkrachten bepalend voor klimaatverandering?
- Welke rol speelt de mens bij klimaatverandering?

Geef een goed onderbouwde mening over klimaatverandering. Ben je het eens met Al Gore en vind je dat er nog strengere maatregelen genomen moeten worden om de wereld te redden? Of denk je dat het allemaal wel meevalt en kun je je meer vinden in de klimaatsceptici die kijken naar het klimaatverleden en die de rol van de natuur een grotere waarde toedichten?
Voor deze laatste vraag moet je discussiëren in je groepje. Het kan zijn dat jullie het met elkaar eens zijn, maar dat hoeft niet en is ook niet erg. Geef het wel duidelijk aan in je eindproduct.

Proeftoets

Extra toets
Je kunt bij dit hoofdstuk ook een proeftoets maken op www.degeo-online.nl.

Opgave 1 Klimaatsysteem en broeikaseffect

1 Het klimaatsysteem heeft te maken met interne en externe variabelen. Geef van elk een voorbeeld.

2 Welke drie variabelen hebben invloed op het broeikaseffect?

3 Leg het verschil uit tussen het natuurlijke en het versterkte broeikaseffect.

Opgave 2 Temperatuurstijging

Gebruik de bronnen 1 en 2.

De volgende vraag houdt klimaatwetenschappers al meer dan vijftig jaar bezig: 'Was er eerst meer kooldioxide, waardoor de temperatuur stijgt, of stijgt de hoeveelheid kooldioxide pas als de opwarming al begonnen is?'

4 Bekijk bron 1 en lees bron 2. Geef je mening over bovenstaande 'kip-en-eivraag'.

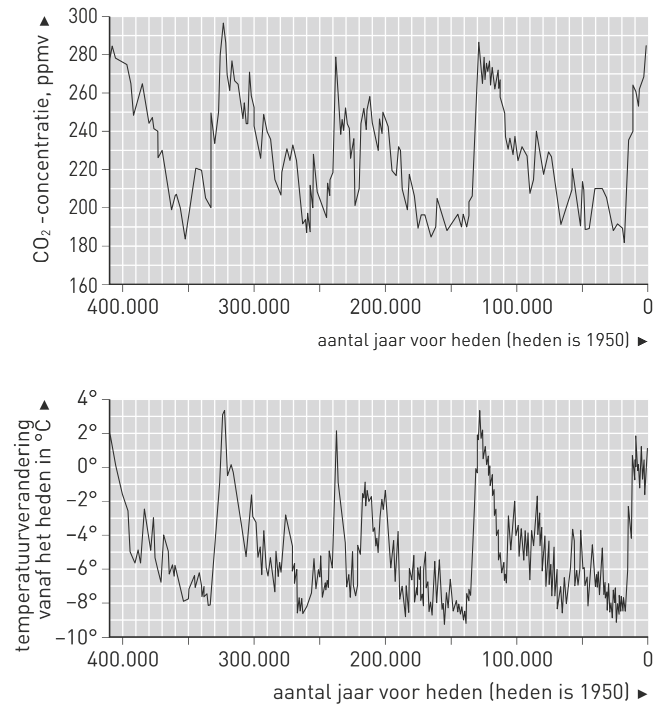
5 Waarom heeft deze kip-en-eivraag politieke betekenis?

De opkomst en de ontwikkeling van de landbouw heeft effect gehad op het klimaat.

6 Welk broeikasgas speelt hierbij een belangrijke rol?

7 Geef twee andere voorbeelden dan in vraag 6 waaruit blijkt dat de mens invloed heeft op het klimaat.

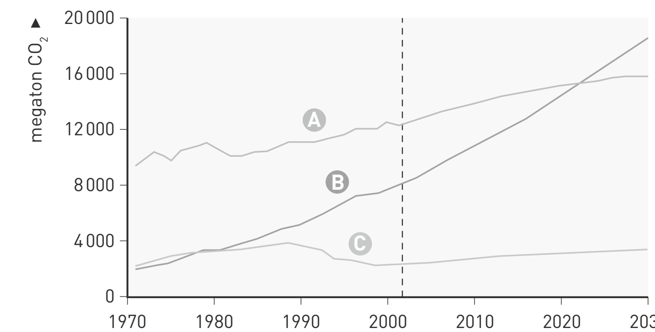
Bron 1 CO_2-concentratie en temperatuur over een periode van ruim 400.000 jaar.



Bron 2

Het kip-en-eiprobleem ontstaat doordat de zuurstof in het ijs verankerd zit, maar de kooldioxide in de luchtbelletjes niet. IJs kan immers scheuren, zodat de belletjes onderling verbonden worden, en de CO_2 van verschillende perioden gemengd raakt. Dat betekent dat het plakje ijs dat je onderzoekt, niet per se even oud hoeft te zijn als het CO_2, dat daarin opgesloten ligt. Het verschil kan makkelijk duizend jaar zijn. Juist die onzekerheid maakte het onmogelijk om vast te stellen welk van de twee gassen het eerst toenam.

Bron 3 Ontwikkeling van de CO_2-uitstoot per regio.



Opgave 3 CO_2-uitstoot per regio

Gebruik bron 3.

8 Bekijk bron 3. Welke regio's horen bij de lijnen A, B en C? Kies uit: industrielanden, nieuwe industrielanden en ontwikkelingslanden.

9 Verklaar je keuze van regio voor lijn B.

Opgave 4 Arme en rijke landen

Klimaatverandering houdt zich niet aan grenzen. De grootste vervuilers zijn industrielanden, terwijl arme landen het meeste last van de gevolgen hebben.

10 Geef twee redenen waarom arme landen het meeste last hebben van klimaatverandering.

11 Wat doen rijke landen om te helpen bij de aanpak van klimaatverandering in arme gebieden? Noteer twee maatregelen.

De gevolgen van klimaatverandering zijn voor Bangladesh maatschappelijk gezien vele malen groter dan de gevolgen voor rijke landen, zoals Nederland.

12 Beredeneer of hulp aan arme landen verplicht gesteld zou moeten worden.

13 Vanuit welke dimensie heb je bij vraag 12 geredeneerd?

Opgave 5 Klimaatzones

14 Wat voor zeestroom loopt er aan de westkust van Zuid-Amerika? Wat zou er aan deze zeestroom kunnen veranderen bij een stijging van de temperatuur?

15 Waarom zal de ansjovisvangst sterk achteruitgaan in dit gebied wanneer de temperatuur van het zeewater stijgt? Betrek in je antwoord de interne variabiliteit van de genoemde zeestroom.

De Sahel en de Sahara kunnen in de toekomst meer mogelijkheden krijgen voor de landbouw.

16 Verklaar dit.

Opgave 6 Klimaatscenario's

Gebruik GB 217.

17 Hoe groot was de feitelijke temperatuurverandering in de twintigste eeuw in Nederland?

18 Welke gebieden op aarde krijgen tussen 1990 en 2050 te maken met de grootste verwachte temperatuurverandering?

19 Wat wordt bedoeld met het toekomstbeeld 'mondiale markt'? Noteer ook de gebruikte kaart.

20 Leg het verband uit tussen de visie van de mondiale markt en de jaarlijkse uitstoot van kooldioxide volgens die visie.

Opgave 7 Gevolgen klimaatverandering

Gebruik bron 4.

De gegevens uit bron 4 zullen door verschillende belanghebbenden verschillend gewaardeerd worden.

21 Geef een voorbeeld van verschillende waardering als je regio's vergelijkt.

22 Geef een voorbeeld van verschillende waardering als je let op verschillende belangen binnen een regio.

Bron 4

In Europa dreigt volgens de nieuwe berekeningen uitsterving voor maximaal een kwart van alle vogelsoorten en voor 11 tot 17% van alle planten. Onder meer de heggenmus, de kuifmees, de spotvogel, de kleine waterhoen en de zwarte spreeuw kunnen in serieuze problemen komen door het veranderende klimaat.
In Nederland en België kan de ramp er gek genoeg op uitdraaien dat de soortenrijkdom niet kleiner, maar juist groter wordt, als planten- en diersoorten uit Zuid-Europa wegvluchten naar het gematigde klimaat van de lage landen. Door de klimaatverandering dreigen vooral de mediterrane landen te verdorren.
'De verwachting is dat er een verschuiving van soorten zal optreden naar het noordoosten van Europa,' zegt Michiel Bakkenes (onderzoeker bij het RIVM). Dat effect is nu al enigszins merkbaar: zo dook de afgelopen zomer de roodrugspin op in België, werd de tijgerspin gesignaleerd in Brabant en zorgde de eveneens tot voor kort uitheemse paardenkastanjemineermot voor zieke bomen in het zuiden van ons land.

Opgave 8 Ontbossing

Gebruik GB 220 en 198.

23 Op welk schaalniveau is de ontbossing op GB 220D aangegeven?

24 Welke twee continenten liggen én in het tropisch regenwoudgebied én hebben de hoogste graad van ontbossing?

25 Geef een demografische reden en een economische reden waarom juist in deze gebieden veel ontbossing plaatsvindt.

26 Leg uit waarom houtkap kan leiden tot een verhoogd broeikaseffect.

Opgave 9 Dimensies en ruimtelijke schalen

Gebruik de bronnen 5 t/m 9.

Bij het beoordelen van teksten en argumenten kun je letten op:

- verschillende dimensies (natuur, economie, politiek, cultuur);
- verschillende ruimtelijke schalen;
- relaties tussen het algemene en het bijzondere.

In deze opgave beoordeel je artikelen volgens de bovenstaande geografische werkwijze.
Lees de teksten van de bronnen 5 t/m 9. Beantwoord de volgende vragen voor de bronnen 5 t/m 9. Maak van de gegevens zelf een overzichtelijke tabel.

27 Vanuit welke dimensie is de tekst geschreven? Waarom denk je dat?

28 Welke schaal staat in de tekst centraal?

29 Geef een voorbeeld van hoe een algemeen verschijnsel in een bijzondere situatie uitwerkt.

Bron 5 Het wordt erg koud in Europa.

Nu durft de Britse onderzoeker Harry Bryden van het National Oceanography Centre in Southampton de conclusie te trekken waar iedereen voor terugdeinsde: de Golfstroom zwakt af. Dat staat vandaag in het Britse wetenschappelijke tijdschrift 'Nature'. De Golfstroom zou sinds 1957 al met zo'n 30% in sterkte zijn afgenomen. Het warmtetransport naar Europa zou met ruim 15% zijn verminderd.

Bron 6 Permanent bevroren gebieden ontdooien.

Door de opwarming van de aarde zullen permafrostgebieden ontdooien, waardoor veel broeikasgassen naar de atmosfeer kunnen ontsnappen. De kans hierop wordt groter naarmate de wereldgemiddelde temperatuur hoger wordt. Dergelijke processen bepalen mede de (on)voorspelbaarheid van het klimaat.

Bron 7 IJskappen kunnen gaan afsmelten.

Een tweede oorzaak van onvoorspelbare klimaat-veranderingen is het mogelijk instabiel worden en vervolgens afsmelten van een groot deel van de ijskap van West-Antarctica. Hier ligt genoeg ijs opgeslagen om de zeespiegel 6 m te laten stijgen. Het IPCC verwacht dat het ongeveer 5 tot 7 eeuwen duurt voordat heel West-Antarctica in zee is verdwenen. Vertaald in een zeespiegelstijging is dit ongeveer 1 m/eeuw boven op de effecten van uitzetting van het oceaanwater.

Bron 8 Satellietmetingen van Groenlandse ijskap.

Een Noors team heeft op grond van satellietmetingen vastgesteld dat de Groenlandse ijskap in de periode 1992 tot 2003 op hoogtes boven de 1.500 m met ongeveer 6 cm/jaar is toegenomen. In de lagere gebieden is het ijspak juist minder dik geworden.

Bron 9 Kleine IJstijd via De Zwarte Dood?

Kan een ziekte het klimaat beïnvloeden? Paleo-ecoloog Tom van Hoof denkt van wel. Hij meent dat de wereld misschien langdurig is afgekoeld als gevolg van de Zwarte Dood, een epidemie die tussen 1347 en 1350 30 tot 40% van de Europese bevolking doodde.
De Kleine IJstijd was een periode waarin de winters opmerkelijk streng waren en lang duurden. Ook de zomers waren koeler. De temperatuurdaling zette rond 1350 in en pas na 1800 warmde het klimaat weer op. Maar wat heeft dat te maken met de verschrikkelijke pandemie die Europa halverwege de veertiende eeuw trof?
Van Hoof: 'In de eeuwen daarvoor was de bevolking in Europa sterk gegroeid, en waarschijnlijk was dat ook in Azië zo. Veel bossen waren gekapt of verbrand. Ze hadden plaatsgemaakt voor landbouwgrond en gebieden waar vee graasde, zoals grasland en heidevelden. Toen de bevolking in één klap met ruim eenderde inkromp, kwam op veel plaatsen het bos weer terug. Het idee is dat dit zoveel CO_2 uit de lucht haalde, dat de concentratie daarvan wereldwijd daalde, met een verminderd broeikaseffect als gevolg. En dat zou de afkoeling van de Kleine IJstijd in gang gezet kunnen hebben.'

Begrippen hoofdstuk 3

Backcasting 102
Het formuleren van een toekomstverwachting die moet leiden tot het trekken van conclusies voor het heden.

Biodiversiteit 101
Soortenrijkdom, de variatie aan leven in alle mogelijke soorten en vormen: dieren, planten en micro-organismen.

Biogeografische zones 108
Gebieden waarin de verspreiding van de organismen over de aarde zijn ingedeeld. Grote, samenhangende ecosystemen. Gelet wordt op de mogelijkheden voor natuurherstel en natuurontwikkeling. Voorbeelden zijn de Atlantische zone, de Alpiene zone en het Middellandse Zeegebied.

Broeikasgas 94
Gassen die de warmtestraling van de aarde absorberen, zoals kooldioxide (CO_2), water (H_2O), lachgas (N_2O) en methaan (CH_4).

Dijkaanleg 103
Het bouwen van een waterkering als beschermingsmaatregel tegen overstromingen.

Dijkverzwaring 103
Versteviging van bestaande dijken om het risico van een overstroming te beperken.

Externe variabelen 93
Factoren van buiten het systeem die met wisselende sterkte actief zijn, zoals vulkaanuitbarstingen.

Forecasting 102
Het voorspellen van toekomstige ontwikkelingen op grond van historische trends.

Interne variabelen 93
Factoren van binnen het systeem die met wisselende sterkte actief zijn, zoals El Niño.

IPCC 101
Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is een samenwerkingsverband van honderden deskundigen uit vele landen die hun kennis hebben gebundeld om klimaatverandering in kaart te brengen.

Kustverdediging 103
Maatregelen om overstroming door zee tegen te gaan, zoals dijkaanleg.

Kyotoprotocol 110
Verdrag dat is genoemd naar de Japanse stad Kyoto waar op de VN-klimaatconferentie van 1997 afspraken gemaakt zijn over een gezamenlijke aanpak van het klimaatprobleem.

Neerslagvariabiliteit 108
Verschil in neerslaghoeveelheid door de tijd heen (temporeel) of binnen een gebied (ruimtelijk).

Ontruiming 104
Het (gedwongen) verlaten van een gebied bij dreigend gevaar.

Verdrinking 108
Situatie waarin de zee wint op het land (transgressie).

Verdroging 108
Situatie waarin de natuur lijdt onder de afname van beschikbaar water.

Verzilting 108
Proces waarbij zich in de bodem steeds meer zouten ophopen.



4 Klimaatbeleid in de praktijk SE

Denemarken Duurzaam energiebeleid

Denemarken heeft een vooruitstrevend milieubeleid. Zo'n twintig procent van de energievoorziening in Denemarken wordt opgewekt door windkracht. Ter vergelijking: In Nederland is slechts een paar procent van het energieverbruik afkomstig van windenergie. Het Deense eiland Samsø, gelegen in het Kattegat, gaat nog een stapje verder. Op regionale schaal laat het eiland zien wat er allemaal mogelijk is om een duurzaam energiebeleid te voeren. Samsø, dat een oppervlakte van ruim 100 vierkante kilometer heeft en ongeveer 4.700 inwoners telt, draait volledig op duurzame energie. Rondom het eiland staan windturbines, de huizen van de eilandbewoners hebben vrijwel allemaal zonnepanelen, er wordt gebruikgemaakt van geothermische energie en er wordt biomassa gestookt. Bovendien rijden er elektrische auto's en tractoren en wordt er koolzaad geteeld waarmee olie gewonnen wordt voor bio-ethanol als brandstof.
Tijdens de klimaattop in Kopenhagen in 2009 hebben veel deelnemers aan deze klimaatconferentie een kijkje genomen op dit milieubewuste eiland.

Oriëntatie

Inleiding
Dit hoofdstuk gaat over het klimaatbeleid. Landen hebben verschillende mogelijkheden om de schadelijke uitstoot van broeikasgassen terug te brengen. Daarbij spelen allerlei belangen een rol. Dat landen niet altijd op één lijn zitten, maakt de aanpak van het klimaatvraagstuk er niet makkelijker op.

Hoofdvraag
Welk beleid is nodig om klimaatverandering in goede banen te leiden?

Deelvragen
1. Welke maatregelen worden genomen om de schadelijke effecten van broeikasgassen terug te dringen?
2. Op welk schaalniveau zijn deze maatregelen het meest effectief?
3. Wat zijn de belangrijkste toepassingen van duurzame energie?
4. Welke alternatieven zijn er voor duurzame energie?
5. Welk klimaatbeleid wordt er op verschillende schaalniveaus geformuleerd en uitgevoerd?

Opdracht 1 Beeldvorming
Om een eerste indruk te krijgen van dit hoofdstuk, bekijk je de foto's en de figuren in de theoriegedeelten. Bekijk ook goed de titel van dit hoofdstuk en de hoofd- en deelvragen die hierboven staan.
Noteer van elke foto en figuur in één zin op welke manier deze volgens jou te maken heeft met dit hoofdstuk.

Opdracht 2 Versterkt broeikaseffect K/I
a Wat is de belangrijkste oorzaak van het versterkte broeikaseffect?
b Wat is het belangrijkste gevolg van het versterkte broeikaseffect?
c Waarom is het moeilijk om maatregelen te nemen om het versterkte broeikaseffect te beperken?

Opdracht 3 Klimaatbeleid K
a Wanneer werd het klimaat op mondiaal niveau een beleidspunt voor politici?
 A Begin jaren zestig van de vorige eeuw.
 B Begin jaren zeventig van de vorige eeuw.
 C Eind jaren tachtig van de vorige eeuw.
 D Eind jaren negentig van de vorige eeuw.
b Welk klimaatverdrag is begin 2005 in werking getreden en loopt in 2012 af?

Opdracht 4 Energiebronnen K
a Lees de volgende twee uitspraken. Welk antwoord is juist?
 I Duurzame energie is per definitie milieuvriendelijk.
 II Uit zonne-energie kan in Nederland een hoog rendement behaald worden.

 A Alleen uitspraak I is juist.
 B Alleen uitspraak II is juist.
 C Beide uitspraken zijn juist.
 D Beide uitspraken zijn onjuist.
b Licht je antwoord op vraag a toe.



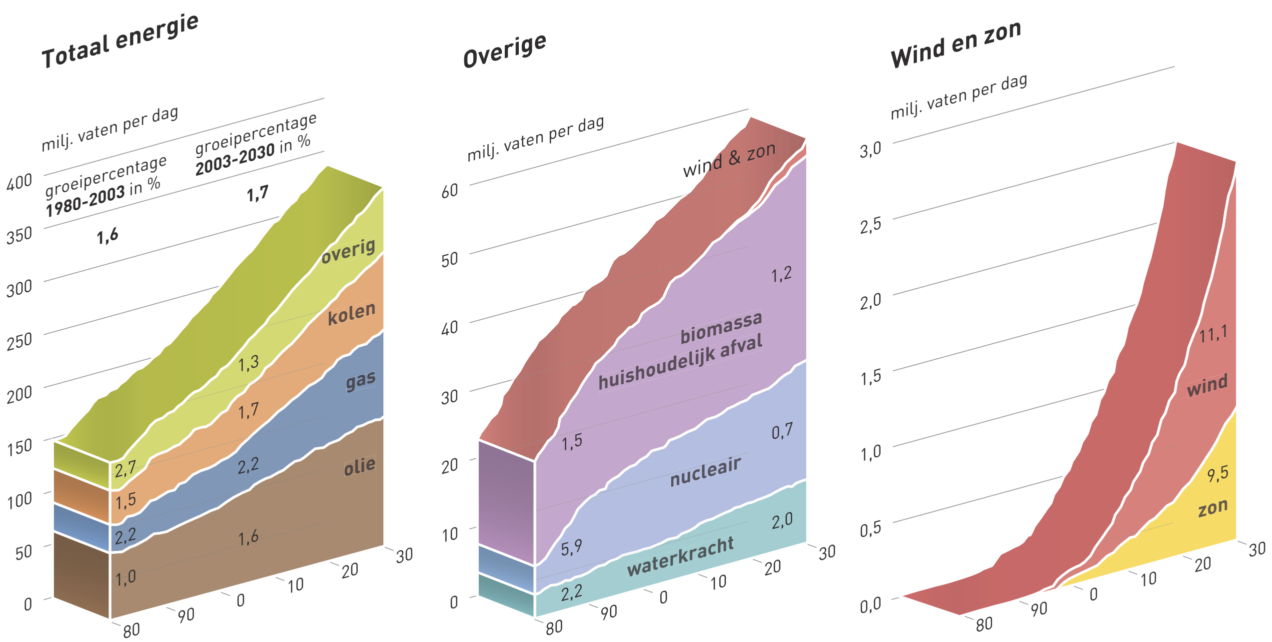
4.1 Beperking van schadelijke broeikasgassen

CO_2, een natuurlijk gas

CO_2 is een natuurlijk gas dat overal op aarde voorkomt. In de lucht die wij uitademen zit CO_2, ofwel koolzuurgas, dat van nature ook in mineraalwater voorkomt. CO_2 bestaat uit koolstofdioxide en bomen hebben bijvoorbeeld CO_2 nodig om te groeien. Bomen langs de snelweg groeien zelfs vaak sneller door de koolstofdioxide die afkomstig is van uitlaatgassen en ook in de tuinbouw wordt soms extra CO_2 toegediend voor de plantengroei. Dit alles neemt niet weg dat een teveel aan CO_2 schadelijk is. Wanneer dit broeikasgas in te grote hoeveelheden in de atmosfeer komt, vormt zich als het ware een deken om de aarde die verstikkend kan werken.

Energievoorziening

▶ De energie die wereldwijd gebruikt wordt, wordt nog altijd voornamelijk gewonnen uit fossiele brandstoffen (figuur 4.1). Aardgas en aardolie zijn als grondstof nodig voor bijvoorbeeld benzine of autogas. Ook de elektriciteit die geleverd wordt door energiecentrales wordt nog steeds grotendeels opgewekt op basis van aardolie, aardgas en steenkool. Het gebruik van fossiele brandstoffen zorgt voor een verhoogde CO_2-uitstoot, waardoor het versterkte broeikaseffect ontstaat. De negatieve gevolgen hiervan zijn schadelijk voor mens en milieu.
● In het eerste diagram van figuur 4.1 is goed te zien dat de wereld voor zijn energievoorziening zeker de komende twintig jaar grotendeels van fossiele brandstoffen afhankelijk blijft. Olie blijft de belangrijkste energiedrager, maar de productie van gas en steenkool groeit ook flink. Het tweede diagram is een detaillering van het groene vlak in het eerste diagram (overige energiedragers). De groei van kernenergie stagneert enigszins doordat het lange tijd maatschappelijk omstreden is geweest. Daar lijkt nu een kentering in te komen, waardoor de groeicijfers vanaf 2010 mogelijk afwijken van wat de figuur laat zien.
● Hoewel de vervuiling door fossiele brandstoffen een belangrijke rol speelt in het klimaatdebat, is het niet de enige reden om te investeren in alternatieve energiebronnen. Fossiele brandstoffen zijn niet-vernieuwbare hulpbronnen. In het verleden heeft de zon ervoor gezorgd dat zich verschillende fossiele brandstoffen hebben kunnen vormen. Dit is een proces geweest van enkele honderden miljoenen jaren. De mens verbruikt deze energievoorraad echter in een tempo van enkele honderden jaren.
■ Van aardolie en aardgas is de voorraad naar schatting over 50 tot 100 jaar op. Dit hangt onder meer af van het tempo van het energieverbruik en van nog niet ontdekte aardgas- en aardolievelden. Ook zijn er velden die nu moeilijk bereikbaar zijn, zoals op Groenland, waar de winning van aardolie door de ijsbedekking wordt belemmerd. Van steenkool is niet de voorraad het grootste probleem, maar vooral de vervuiling die ontstaat bij de winning van deze fossiele brandstof en de verhoogde CO_2-uitstoot die vrijkomt bij de verbranding ervan.



Figuur 4.1 Energiewinning.

● Niet alleen zijn dus de winbare voorraden eindig, maar ook speelt de verdeling van de fossiele brandstoffen over de wereld een rol. Met name het Midden-Oosten en Rusland zijn rijk aan aardolie en aardgas. Dit kan zorgen voor politieke spanningen tussen landen met een overschot en landen die afhankelijk zijn van de import van deze grondstof.

Emissiehandel

▶ De maatregelen die genomen worden om het gebruik van fossiele brandstoffen te verminderen, kunnen onderverdeeld worden in brongerichte maatregelen en maatregelen waarbij alleen de effecten van milieuvervuiling bestreden worden. In het laatste geval wordt er niet gekeken naar de onderliggende oorzaak van de vervuiling. Er is dan sprake van symptoom-bestrijding.

▶ Zoals je in figuur 4.2 ziet, verschilt de uitstoot van schadelijke broeikasgassen in omvang en is deze niet in gelijke mate schadelijk voor het milieu. De emissie wordt teruggerekend naar de uitstoot van CO_2, zodat de reductie van de verschillende gassen makkelijker met elkaar vergeleken en verrekend kan worden. Hoewel landbouw en afval belangrijke bronnen zijn voor de uitstoot van de schadelijkste broeikasgassen methaan (CH_4) en lachgas (NO_2), wordt er in het algemeen vooral gekeken naar de beperking van de verhoogde CO_2-uitstoot. Dit komt omdat het hierbij gaat om 85% van de totale schadelijke uitstoot.

● Voor veel bedrijven is vastgesteld hoeveel CO_2 ze mogen uitstoten. Een aantal bedrijven haalt de toegestane norm niet en moet dus maatregelen nemen, bijvoorbeeld het bijkopen van emissierecht van bedrijven die onder de toegestane norm blijven. Dit wordt handel in emissierechten genoemd (figuur 4.3). Deze handel in emissierechten wordt bepaald door het principe van vraag en aanbod. Er wordt hierbij vooral gekeken naar de uitstoot van kooldioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (NO_2). Het probleem van de vervuiling wordt bij emissiehandel niet daadwerkelijk aangepakt. In zekere zin is het een vorm van symptoombestrijding.

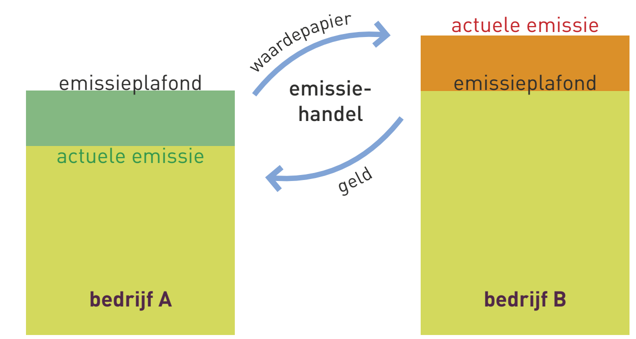
Broeikasgas	Uitstoot (in %)	CO_2-equivalent	Belangrijkste bronnen
Kooldioxide (CO_2)	85	1	industrie/auto's
Methaan (CH_4)	6	21	landbouw/afval
Lachgas (N_2O)	8	310	landbouw

Figuur 4.2 Verschillen in schadelijkheid van de belangrijkste broeikasgassen.

> brongerichte maatregelen

> symptoombestrijding

> handel in emissierechten



Figuur 4.3 Emissiehandel.

● Ieder bedrijf heeft een zogeheten emissieplafond. Dat bepaalt hoeveel uitstoot een bedrijf mag hebben volgens de toegestane norm. Bij overschrijding van deze norm volgt vaak een forse boete. Vooral energiebedrijven en grote industriële complexen (chemie, ijzer en staal, raffinage, papier) halen de door de overheid vastgestelde emissiereductie (= vermindering) vaak niet. Zij kunnen dus baat hebben bij emissiehandel.

● In sommige gevallen stoot een bedrijf meer of minder uit dan aanvankelijk werd gedacht. In het eerste geval kan een bedrijf ervoor kiezen meer emissierechten te kopen op de markt, of te investeren in technische maatregelen die zorgen voor een reductie van de uitstoot. In het tweede geval kan een bedrijf zijn overschot aan emissierechten op de markt aanbieden.

Transportbesparing

▶ Behalve de industrie neemt ook de transportsector een belangrijk deel voor zijn rekening bij het veroorzaken van het versterkte broeikaseffect. Aan de ene kant zorgt het goederen-transport voor een bijdrage aan de economie, aan de andere kant is dit goederenvervoer in toenemende mate een belasting voor het milieu. Een manier om deze milieubelasting te beperken, is transportbesparing. Met kleine, doelgerichte maatregelen kan er voor efficiënter transport gezorgd worden zonder nadelige gevolgen voor de economie.

● Ten eerste is het belangrijk om de afstanden tussen leveranciers en afnemers klein te houden. Wanneer de bewerking van producten dicht bij de productlocatie plaats-vindt, zal er minder vervoer nodig zijn om tot een eindproduct te komen. Dat zie je bijvoorbeeld in Scandinavië, waar de houtindustrie voornamelijk in bosgebied gevestigd is. Een voor-deel van deze regionale specialisatie is het creëren van werk-gelegenheid in de regio. Een nadeel echter is dat niet elk product zich leent voor deze vorm van transportbesparing. Ook kunnen producten bij uitsluitend productie in de eigen regio niet altijd voor de laagste prijs aangeboden worden.

■ Biologische producten en streekproducten zijn bij een steeds grotere groep consumenten in trek. Er wordt niet meer alleen gekeken naar de prijs, maar juist de herkomst van het product en een verantwoorde productie zijn doorslaggevend. Een bijkomend voordeel is dat deze streekproducten vaak relatief dicht bij de markt verbouwd worden, waardoor ze minder ver getransporteerd hoeven te worden.

● Vermindering van volume en gewicht van de te vervoeren goederen is een tweede manier die kan bijdragen tot efficiënter transport. Door alles compacter te verpakken, kan er meer in één keer vervoerd worden. Dit geldt bijvoorbeeld voor vruchten-sappen die als extract vervoerd worden, dus zonder water. Soms is er zelfs helemaal geen wegtransport meer nodig, bijvoorbeeld bij digitale communicatie en de digitalisering van kranten en boeken.

● Ten slotte kan er winst behaald worden door optimaler gebruik te maken van retourstromen. Transporteurs kunnen de (gedeeltelijk) lege laadruimten van vrachtauto's beter benutten door bijvoorbeeld verpakkingsmateriaal mee terug te nemen. Wanneer dit materiaal hergebruikt wordt, draagt dit ook bij tot de vermindering van afvalstromen. Goede communicatie en samenwerking tussen leveranciers en bedrijven zijn in dit geval een belangrijke voorwaarde voor het slagen van transportbesparing.

> transportbesparing

Opdrachten 4.1

Deelvragen

1. Welke maatregelen worden genomen om de schadelijke effecten van broeikasgassen terug te dringen?
2. Op welk schaalniveau zijn deze maatregelen het meest effectief?

Opdracht 5 Verschillende maatregelen K

Lees paragraaf 4.1.

a Leg uit wat het verschil is tussen brongerichte maatregelen en symptoombestrijding.

b In welk soort landen vindt vooral symptoombestrijding plaats? Leg ook uit waarom dat daar zo is.

Opdracht 6 Fossiele brandstoffen K/I

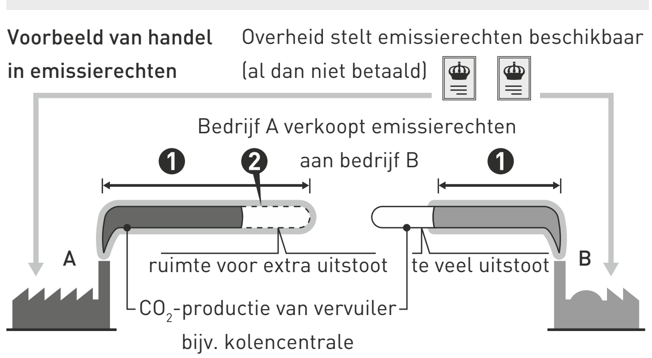
a Bekijk figuur 4.1. Welke fossiele brandstoffen worden het meest gebruikt?

b Noteer drie redenen waarom het voor landen wenselijk is om in de toekomst minder afhankelijk te zijn van fossiele brandstoffen.

c Welke kaart in de atlas geeft informatie over de voorraad fossiele brandstoffen in de wereld?

d Toon met behulp van de gegevens op de gevonden kaart bij je antwoord op vraag c aan welke regio de grootste voorraad fossiele brandstoffen heeft.

W1 Emissiehandel. **Downloaden en printen!**



1 Vastgesteld plafond dat de vervuiler alleen mag overschrijden door hiervoor extra emissierechten te kopen.

Opdracht 7 Emissiehandel K/I

Bekijk figuur 4.3.

a Download en print W1. Geef in de figuur bij beide bedrijven met een kruisje aan wat het emissieplafond is.

b Welk bedrijf verkoopt zijn emissierechten? Licht je antwoord toe.

c Lees W2. Op welk economisch principe is emissiehandel gebaseerd?

d Beredeneer dat bij een dalende prijs van emissierechten, de prijs die betaald wordt voor het milieu, een stuk hoger komt te liggen.

W2 Europees systeem voor emissiehandel onder vuur.

Door de crisis is een tonnetje CO_2 uitstoten lekker goedkoop. Dat leidt tot luide kritiek op de emissiehandel. 'Waar is de prikkel om te investeren?' Het recht om een ton CO_2 uit te stoten is net zoiets als olie of een aandeel: handelaren kunnen deze zogeheten emissierechten op speciale beurzen kopen of verkopen – een Europees systeem dat zijn gelijke in de wereld niet kent en de hoeksteen is van het Europese klimaatbeleid. De kritiek op dit handelssysteem (Emission Trading System, ETS) zwelt de laatste tijd hard aan. Eén blik op de prijs van emissierechten de afgelopen tijd is genoeg om te begrijpen waarom: vervuilen met broeikasgas is spotgoedkoop, waardoor er geen prikkel is om te investeren in het beperken van de uitstoot. Idealiter zou die prikkel er wel zijn want in het ETS is de uitstoot van CO_2 aan een maximum gebonden. Wie meer wil uitstoten, moet de rechten daarvoor kopen van partijen die rechten over hebben, bijvoorbeeld omdat ze investeren in klimaatvriendelijke technologie. De verwachting was dat er zo schaarste zou ontstaan en als gevolg daarvan hogere prijzen.

Opdracht 8 Transportbesparing K/I

a Noteer drie maatregelen die bijdragen aan de afname van het goederenvervoer.

b Lees W3. Welke voordelen levert Green Order op voor het milieu, de samenleving en de economie?

c Transportbesparing is een voorbeeld van duurzame logistiek. Leg dit uit.

W3 Green Order.

Green Order is een middel om 'maatschappelijk verantwoord bestellen' te stimuleren. Met Green Order wordt het voor iedere afnemer zichtbaar en meetbaar gemaakt wat de impact is van zijn bestelgedrag op het milieu. (...) Green Order wordt volledig geïntegreerd in het reguliere logistieke proces waarbij samenwerking met logistieke en commerciële relaties een belangrijke voorwaarde is voor succes.

Opdracht 9 Terugblik op paragraaf 4.1

Voor deze opdracht gebruik je de begrippen, figuren en tussenkopjes van paragraaf 4.1.

a De volgende onderdelen staan centraal in paragraaf 4.1:
- fossiele brandstoffen,
- broeikasgassen,
- (brongerichte)maatregelen om de CO_2-uitstoot te beperken,
- symptoombestrijding.

Noteer telkens de belangrijkste punten die horen bij bovenstaande woorden / begrippen.

b Geef antwoord op de twee deelvragen die horen bij deze paragraaf.

Online extra

Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.



4.2 Duurzame energie

World Solar Challenge

The World Solar Challenge is een race van 3.021 km dwars over het Australische continent. De route start in de noordelijke stad Darwin en gaat via Alice Springs naar de finish in Adelaide dat in het zuiden van Australië ligt. De auto's die voor deze wedstrijd gebruikt worden, rijden uitsluitend op zonne-energie. Aan het jaarlijks terugkerende evenement nemen ongeveer veertig teams uit de hele wereld deel. Nederland heeft de race al verschillende keren gewonnen.

Duurzame energiebronnen

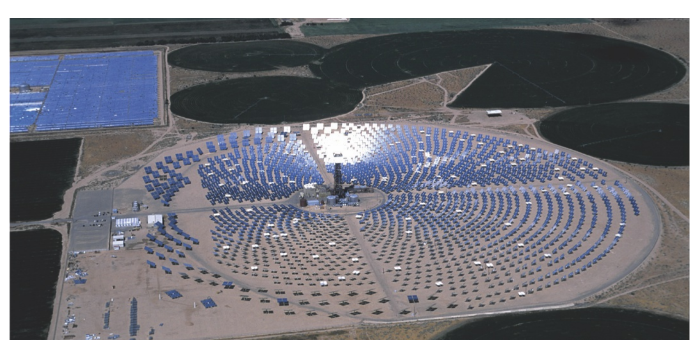
▶ Behalve de maatregelen die getroffen worden om de vervuiling door voornamelijk fossiele brandstoffen aan te pakken, wordt er ook steeds meer gekozen voor de toepassing van duurzame energie. Dit is een voorbeeld van een structurele maatregel met een brongerichte aanpak, omdat de oorzaak van de schadelijke CO_2-uitstoot wordt aangepakt. Er wordt gestreefd naar een verbetering van het milieu op lange termijn. Bij duurzame energie gaat het om energiebronnen die door de natuur zelf in relatief korte tijd continu opnieuw aangemaakt kunnen worden. Er zijn drie soorten duurzame energiebronnen:

> duurzame energie

– bronnen die warmte afgeven (bijvoorbeeld zonne-energie en aardwarmte);
– bronnen die gebruikt worden om elektriciteit op te wekken (bijvoorbeeld windenergie en waterkracht);
– bronnen waarbij door verbranding of vergisting energie vrijkomt: bio-energie.

Zonne-energie en aardwarmte

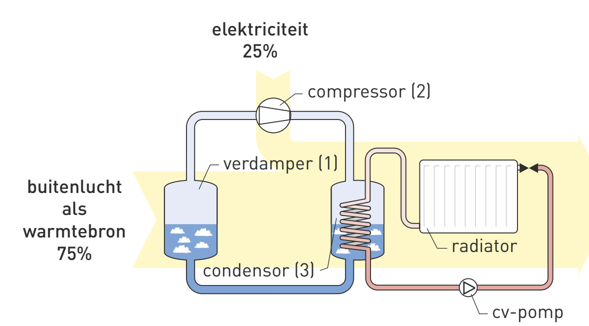
▶ De zon is een belangrijke energieleverancier op aarde. Toch wordt zonne-energie veel minder toegepast dan je zou denken.
● Dit komt doordat de winning van zonne-energie een kostbare aangelegenheid is. Er zijn zonnepanelen en spiegels nodig om het zonlicht op te vangen, zodat de warmte omgezet kan worden in energie. De fabricage van deze zonnecollectoren brengt hoge kosten met zich mee, zodat de investering voor veel bedrijven en huishoudens te duur wordt.



Figuur 4.4 Energiewinning via zonnespiegels.

● Behalve de hoge kosten is winning ook niet in ieder gebied even effectief. Dit heeft te maken met het aantal zonne-uren dat een land gemiddeld heeft. Landen in het Middellandse Zeegebied halen natuurlijk een veel hoger rendement dan landen in Noord-Europa.

▶ Aardwarmte of geothermische energie is energie die ontrokken wordt aan de aardkorst. De wereldvoorraad van deze energiebron is enorm: de buitenste schil van de aardkorst bevat thermische energie die overeenkomt met 50.000 keer de energie van alle olie- en gasvoorraden. Het meest bekend zijn vulkanen en geisers, waar warmtebronnen aan de oppervlakte liggen.
● Maar ook op veel grotere schaal kan gebruikgemaakt worden van omgevingswarmte. Hierbij kun je denken aan onder meer lucht, water en bodem. Deze warmtebronnen hebben een relatief laag temperatuurniveau, maar kunnen naar een hoger temperatuurniveau gebracht worden door bijvoorbeeld gebruik te maken van warmtepompen.
■ Warmtepompen worden steeds vaker toegepast in nieuwbouwwoningen (stadsverwarming) of bijvoorbeeld in de tuinbouw voor de verwarming van kassen.
Er zijn veel verschillende soorten warmtepompen, maar de werking komt altijd op hetzelfde neer: een vloeistof met een kookpunt dat lager is dan de omgevingstemperatuur, dient als transportmiddel van de warmte. Onder invloed van de buitenlucht verdampt deze vloeistof. De vloeistof onttrekt dus warmte aan de buitenlucht. De buitenlucht daalt in temperatuur en de vloeistof verdampt. De verdampte vloeistof wordt vervolgens samengedrukt door een compressor. Hierdoor stijgen de druk en de temperatuur van de damp. Als laatste stap wordt de warmte aan de damp onttrokken door bijvoorbeeld een cv-installatie. Het cv-water stijgt in temperatuur, de damp daalt in temperatuur, zelfs zo ver dat de damp weer condenseert tot vloeistof. Dat laatste gebeurt in het condensorvat. De vloeistof stroomt weer naar de verdamper waar het proces weer van voor af aan begint.



Figuur 4.5 Warmtepomp.

Windenergie en waterkracht

▶ Windenergie is vooral goed te gebruiken in combinatie met andere (duurzame) energiebronnen. Aangezien windkracht geen constante factor is, loont het alleen windturbines neer te zetten in gebieden waar het regelmatig flink waait.



Figuur 4.6 Windenergie.

● Net als bij zonne-energie is het opwekken van elektriciteit op basis van windenergie vrij kostbaar. Windturbines hebben hoge ontwikkel- en plaatsingskosten, die kunnen oplopen tot drie keer de prijs van stroom. Wat kosten en rendement betreft, is voor zowel zonne- als windenergie niet meer dan een bijrol weggelegd als energieleveranciers voor de (nabije) toekomst (figuur 4.1 tweede diagram).
■ Nederland is als land zeer geschikt voor de plaatsing van windturbines. De ligging aan de kust zorgt vaak voor westelijke winden die behoren bij depressies boven de Atlantische Oceaan en de Noordzee. Het vlakke en open landschap heeft als voordeel dat de wind makkelijk in kracht toe kan nemen.

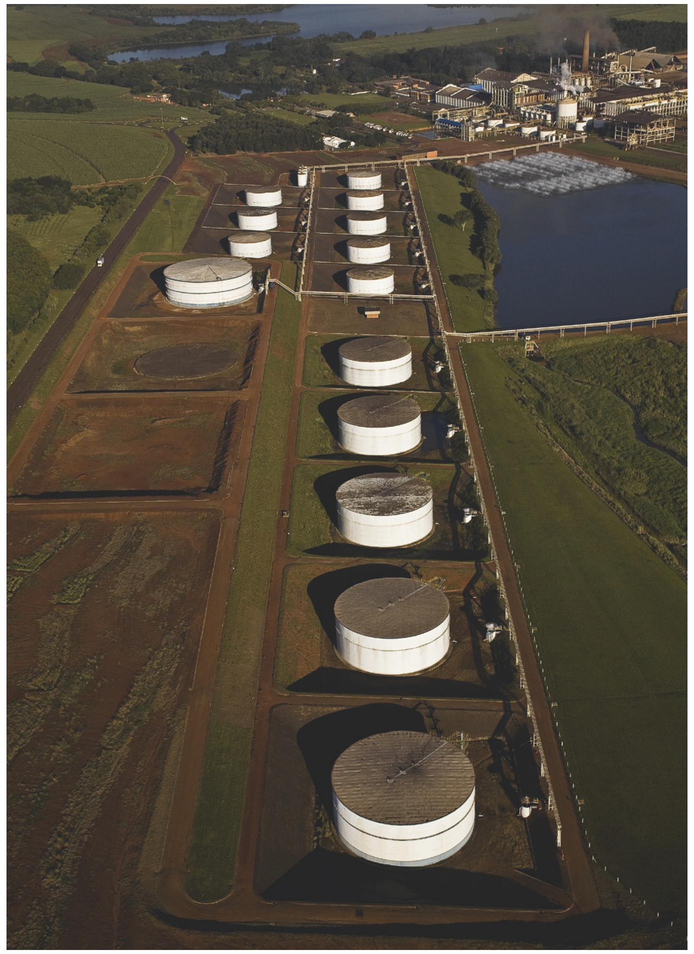
▶ Ook waterkracht kan gebruikt worden om energie op te wekken. Het bekendste voorbeeld is het opwekken van energie door gebruik te maken van de hoogteverschillen van water. Dit gebeurt meestal bij (hoge) watervallen of op plaatsen waar voor deze doeleinden een stuwdam is gebouwd. Een andere mogelijkheid om elektriciteit op te wekken, is door gebruik te maken van de beweging van golven (golfslagenergie) of – net als bij hydro-elektriciteit – door gebruik te maken van de verschillen in waterhoogte van de getijden (getijdenenergie).
■ Energiewinning waarbij gebruikgemaakt wordt van het verschil in zoutconcentratie in grensgebieden tussen zout en zoet water, wordt blauwe energie genoemd. In zout water zitten meer elektrisch geladen atomen dan in zoet water. Wanneer de

twee waterstromen zich met elkaar gaan mengen, kan er elektriciteit opgewekt worden. Bij dit proces wordt gebruikgemaakt van een membraam, waarmee vervolgens via elektrodialyse energie gewonnen kan worden. In Nederland is de Afsluitdijk een voorbeeld van een grensgebied tussen zout en zoet water.

Bio-energie

▶ Bio-energie is de verzamelnaam voor energie uit energiedragers die rechtstreeks, dan wel via een chemische omweg, zijn gewonnen uit organisch materiaal (biomassa). Een voorbeeld van een toepassing van bio-energie is biobrandstof. Daarnaast zijn er verschillende andere toepassingen zoals:

- verbranding van hout,
- verbranding van huishoudelijk en bedrijfsafval,
- energiewinning op basis van mestoverschotten (biogas),
- vergisting van groente-, fruit- en tuinafval.



Figuur 4.7 Voor de toepassing van bio-ethanol wordt gebruikgemaakt van de alcoholische vergisting van suikerriet.

● De winning van biobrandstoffen gebeurt op verschillende manieren. Er wordt bijvoorbeeld olie gewonnen uit voedselgewassen. Maïsolie, koolzaadolie, palmolie en sojaolie kunnen dienen als grondstof voor de ontwikkeling van biodiesel of bio-ethanol. Ook worden er planten en bomen gebruikt die niet geschikt zijn voor consumptie. Deze zogenoemde energiegewassen worden in sommige gevallen speciaal voor de toepassing van biobrandstoffen geteeld. Een voordeel van energiegewassen is dat ze niet concurreren met voedselgewassen die ook gebruikt worden voor consumptie.

■ Bio-ethanol is de meest gebruikte biobrandstof. Naar schatting zijn er in Nederland sinds 2010 ongeveer 25 tankstations die bio-ethanol leveren. Wereldwijd zijn de Verenigde Staten en Brazilië de grootste producenten. In Europa zijn Zweden en Frankrijk belangrijke leveranciers van bio-ethanol. Ook in Nederland is er sprake van een groeimarkt sinds in 2006 het eerste tankstation in Nederland geopend werd waar puur plantaardige olie getankt kon worden.

▶ Het gebruik van energie die gewonnen wordt uit organisch materiaal kan andere milieuproblemen oproepen. Duurzame energiewinning is dus niet per definitie overal en altijd milieuvriendelijk.

● Verbranding van hout is een toepassing van duurzame energie wanneer voldoende rekening wordt gehouden met de aanplant van nieuwe bomen. Ook moeten de schadelijke stoffen die bij het verbrandingsproces van hout (800 tot 1.000 °C.) vrijkomen, beperkt blijven. Hiervoor worden filters gebruikt waardoor er minder schadelijke broeikasgassen in de atmosfeer terechtkomen.

● Een ander voorbeeld waarbij je vraagtekens kunt zetten bij de duurzaamheid, zijn de oliepalmplantages in Zuidoost-Azië. Deze plantages worden in toenemende mate gebruikt voor de grote vraag naar biobrandstoffen. Het gebruik van palmolie als biobrandstof heeft echter een aantal nadelen. Om aan de vraag naar palmolie te kunnen voldoen, worden er – vooral in Indonesië en Maleisië – grote delen van het tropisch regenwoud gekapt. Door deze houtkap ontstaat er onherstelbare milieuschade. Daarnaast gaat de ontbossing ten koste van de lokale bevolking (figuur 4.8).

■ Ook in Zuid-Amerika leidt de grote vraag naar biobrandstoffen tot dergelijke milieuproblemen. Wanneer de vraag naar biobrandstoffen op basis van sojaolie toeneemt, zal het soja-areaal zich verder uitbreiden ten koste van regenwoud en savannen.

Palmolie

Net als de bossen in het Amazonegebied en in het Congobekken loopt ook het tropisch oerwoud in Zuidoost-Azië het gevaar van ontbossing. De verwoesting van het bos voor economische belangen op korte termijn bedreigt niet alleen de biodiversiteit aan planten- en diersoorten, maar ook de leefomgeving van de inheemse bevolking en het klimaatevenwicht op aarde. De belangrijkste oorzaak van die ontbossing in Indonesië en Maleisië is de omzetting van bosgebieden in palmolieplantages. De voorbije jaren is palmolie de nummer één geworden onder de plantaardige oliesoorten, omdat palmolie het goedkoopst is. Je vindt palmolie zowel in shampoo als in wasproducten, margarine, chips, pizza, maar ook in biobrandstoffen. Palmolie is bijna onontbeerlijk geworden in heel wat producten die we dagelijks consumeren. Unilever, Nestlé en Procter & Gamble – de grootste producenten van voedingsmiddelen, cosmetica en biobrandstoffen – gebruiken palmolie. Zo werken zij mee aan de massale verwoesting van bos- en veengebieden in Zuidoost-Azië voor de ontwikkeling van palmolieplantages. Door die ontbossing is Indonesië het land met de derde grootste uitstoot van broeikasgassen ter wereld. Bovendien vormt de ontbossing ook een bedreiging voor heel wat ecosystemen. Als de natuurlijke habitat van soorten wordt vernietigd, komt hun overleven immers in het gedrang. Bovendien geven de plantages vaak aanleiding tot sociale conflicten. Het gebeurt namelijk dat palmbomen worden aangeplant op gronden van de plaatselijke bevolking zonder dat die daarvoor haar toestemming gaf. (...)

Figuur 4.8



Figuur 4.9 Kernenergie.

Andere initiatieven

▶ Behalve de vermindering van het gebruik van fossiele brandstoffen en de toepassing van duurzame energie, zijn er nog meer initiatieven die ten doel hebben de schadelijke uitstoot van broeikasgassen te beperken, bijvoorbeeld:
- kernenergie,
- met een elektromotor aangedreven auto's,
- CO_2-opslag.

● Met het opraken van fossiele brandstoffen is er een (nieuwe) markt weggelegd voor de winning van kernenergie. Bij de winning komt geen schadelijke CO_2 vrij. Wel blijft er na de splitsing van atoomdeeltjes radioactief restafval over. Wanneer dit kernafval op een verantwoorde manier wordt opgeslagen, is er geen directe schade voor het milieu (figuur 4.9).

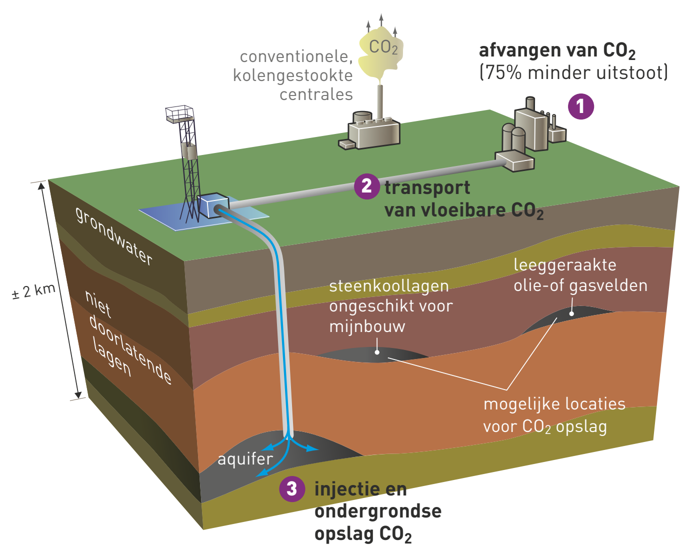
● De auto is één van de grootste vervuilers als het gaat om CO_2-uitstoot. Het is dan ook niet vreemd dat er de laatste jaren veel onderzoek gedaan is naar andere vormen van autorijden. De elektrische auto is daar een voorbeeld van (figuur 4.10).

● In Barendrecht, onder de rook van Rotterdam, wil men CO^2 opslaan onder de Vinex-wijk Carnisselande. Filters bij de olieraffinaderijen in Pernis vangen de schadelijke CO^2-uitstoot af, waarna het via pijpleidingen naar Barendrecht getransporteerd wordt. Ten slotte wordt de CO_2 in leeg geraakte aardgasvelden in de grond geïnjecteerd. In Barendrecht is het project omstreden, omdat er te weinig bekend is over de mogelijke risico's van een eventueel lek in een pompinstallatie of pijpleiding (figuur 4.11).

Voordelen elektrische auto

Investeren in een elektrisch aangedreven auto heeft de volgende voordelen:
1. besparing op brandstofverbruik (dit kan oplopen tot minimaal 1.200 euro per jaar);
2. geen schadelijke CO_2-uitstoot en geen fijn stof;
3. geen belasting voor personenauto's (BPM) en ook geen wegenbelasting;
4. lage onderhoudskosten (besparingen worden geschat op tussen de 400 en 700 euro per jaar);
5. voor leaseauto's wordt tot eind 2014 geen bijtelling gerekend, na 2014 wordt dit 7%;
6. thuis tanken;
7. goedkoop tanken;
8. milieu-investeringsaftrek voor ondernemers die een elektrische auto aanschaffen;
9. stil in gebruik;
10. automatisch schakelen.

Figuur 4.10



Figuur 4.11 CO_2-opslag

Opdrachten 4.2

Deelvragen
3. Wat zijn de belangrijkste toepassingen van duurzame energie?
4. Welke alternatieven zijn er voor duurzame energie?

Opdracht 10 Duurzame energie K/V

Lees paragraaf 4.2 over duurzame energie en bekijk de bijbehorende figuren. Lees ook in het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' achter in dit boek de tekst onder 4C 'Het bekijken van verschijnselen of gebieden vanuit verschillende dimensies'.

a. Welke drie soorten duurzame energiebronnen zijn er? Geef van alle drie een voorbeeld.
b. Gebruikmaken van duurzame energiebronnen is een manier om luchtvervuiling te beperken. Vertel in je eigen woorden hoe de winning van deze energiebronnen in z'n werk gaat.
c. Geef voor de verschillende energiebronnen uit vraag b aan welke voor- en nadelen er zijn bij winning en gebruik. Maak hiervan zelf een overzichtelijk schema.
d. Beredeneer vanuit de fysische en economische dimensie welke vorm(en) van duurzame energie voor arme landen het meest geschikt zijn.

Opdracht 11 Wind- en zonne-energie K/I

a. Bekijk figuur 4.1. Het derde diagram laat zien dat er tot 2030 een behoorlijke stijging is van energie die wordt opgewekt op basis van zon en wind. Toch hebben deze twee vormen van energiewinning maar een klein aandeel in de totale energievoorziening (zie eerste en tweede diagram). Leg dit uit.
b. Bekijk GB 47D en 63D. Geef het verband aan dat te zien is wanneer je beide kaarten met elkaar vergelijkt.
c. Bij de plaatsing van nieuwe windturbines is er vaak protest van de lokale bevolking. Leg dit uit.

Opdracht 12 Waterkracht K/I

a. Noteer vier manieren waarop waterkracht gebruikt wordt om energie op te wekken.
b. Welke van de bij a genoteerde manieren is het minst geschikt voor Nederland?
c. Voorbeelden van landen waar energie op basis van waterkracht wordt opgewekt door gebruik te maken van hoogteverschillen van water zijn Noorwegen en Italië. Welke combinatie van kaarten in de GB laat zien dat deze vorm van energie bepaald wordt door de fysische omstandigheden?
d. Bekijk GB 52A. Welke twee gebieden in Nederland zijn geschikt om blauwe energie op te wekken?

Opdracht 13 Biobrandstoffen K/I

a. Wat zijn biobrandstoffen?
b. In welk soort landen is de vraag naar biobrandstoffen groot? Waarom daar?
c. Beredeneer waarom de vraag naar biobrandstoffen voor Indonesië op nationale schaal positieve gevolgen heeft, terwijl er op regionale / lokale schaal negatieve gevolgen zijn.

Opdracht 14 Ontbossing in Brazilië I

Bekijk GB 221. Lees ook goed de legenda.

a. Op GB 221 zijn verschillende aanwijzingen te vinden die duiden op ontbossing. Noteer er drie.
b. Op welk schaalniveau speelt ontbossing?
c. De winning van hardhout speelt in Rondônia een ondergeschikte rol. Vooral de laatste jaren wordt er hout gekapt om grond te ontginnen voor de verbouw van gewassen om juist klimaatverandering tegen te gaan. Leg uit welk tegenstrijdig proces plaatsvindt.
d. Beredeneer waarom bovengenoemd proces in stand gehouden wordt en in de toekomst zelfs versterkt kan worden.

Opdracht 15 Kernenergie K/I

Bekijk figuur 4.9 en lees W4.

a. Noteer een voordeel en een nadeel van kernenergie.
b. Waarom is een groot deel van de Nederlandse bevolking voor kernenergie?
c. Niet iedereen is enthousiast over het gebruik van kernenergie. Leg dit uit.

Opdracht 16 CO_2-opslag K/I

Bekijk figuur 4.11.

a Waar is een project gepland om CO_2 op te slaan?
b Geef een geografische reden waarom juist daar CO_2 wordt opgeslagen.
c Geef een fysisch-geografische reden waarom juist daar CO_2 wordt opgeslagen.
d Waarom zijn de bewoners van Carnisselande niet blij met een mogelijke opslagplaats onder hun wijk?

Opdracht 17 Terugblik op paragraaf 4.2

Zet alle duurzame energiebronnen en alternatieven voor duurzame energiebronnen die besproken worden in paragraaf 4.2 onder elkaar en geef aan hoe ze kunnen bijdragen aan het beperken van klimaatverandering. Dit is het antwoord op deelvraag 3 en 4.

W4 Kernenergie.

DEN HAAG – Bijna tweederde (63 procent) van de Nederlanders is voor kernenergie. Het enthousiasme wisselt sterk; velen zien het als noodzakelijk kwaad. Duurzame energie, zoals windmolens en zonnepanelen, wordt beschouwd als het grote ideaal.

Online extra

Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.



4.3 Beleid en belangen: kansen en knelpunten

Klimaatdebat

Tegenwoordig lijkt iedereen wel een mening te hebben over het klimaat. In de media wordt veel aandacht besteed aan het klimaatvraagstuk en ook de overheid probeert de burger meer bewust te maken van de gevolgen van klimaatverandering. Er worden verschillende maatregelen genomen, er zijn klimaatconferenties en eens in de zoveel tijd is er een klimaattop. De belangen tijdens zo'n ontmoeting lopen nogal uiteen en dat maakt een eenduidig plan van aanpak niet echt makkelijk.

Aanpak klimaatvraagstuk

▶ Beleidsmakers hebben niet altijd dezelfde belangen. Dit bemoeilijkt de aanpak van het klimaatvraagstuk en de uitvoering van het klimaatbeleid in de verschillende landen. De schadelijke CO_2-uitstoot komt vooral uit de geïndustrialiseerde landen, terwijl hier maar een kwart van de totale wereldbevolking woont. Minder ontwikkelde landen pleiten dan ook voor een sterke afname van de westerse milieuvervuiling, te meer omdat deze landen ook de mogelijkheid willen krijgen zich te industrialiseren zonder het probleem te verergeren.
● Een samenleving die technisch en economisch meer ontwikkeld is, zal beter in staat zijn om efficiënte maatregelen te nemen tegen de gevolgen van de uitstoot van schadelijke broeikasgassen dan minder ontwikkelde landen. Rijke landen hebben meestal voldoende onderzoeksmogelijkheden om een goede risicoanalyse te maken van de gevolgen van klimaatverandering. Het beleid dat gemaakt wordt, is gericht op het nemen van technische maatregelen. Arme landen hebben deze mogelijkheid niet of nauwelijks. Deze landen zijn gebaat bij een snelle economische ontwikkeling om economisch gezien op de wereldkaart gezet te worden. Zij zullen dan ook in eerste instantie investeren ten koste van het milieu.

Verdrag van Kyoto

▶ Eind jaren tachtig van de vorige eeuw begon men zich wereldwijd steeds meer zorgen te maken over het klimaat. Als er geen maatregelen genomen zouden worden, zou dit wel eens enorme gevolgen kunnen hebben voor mens en milieu. In 1992 werd daarom voor het eerst een klimaatconferentie gehouden waarbij 150 landen vertegenwoordigd waren.
● Op 15 februari 2005 trad het Verdrag van Kyoto in werking. Aan deze klimaatconferentie gingen zeven jaar van besprekingen en onderhandelingen vooraf. De gemaakte afspraken hebben het gemeenschappelijke doel de uitstoot van schadelijke broeikasgassen te verminderen. Deze afspraken gelden in principe voor alle sectoren die een versterking van het broeikaseffect veroorzaken. Een uitzondering hierop vormen het internationale luchtverkeer en de scheepvaart. Er is niet vastgelegd wie verantwoordelijk is voor de CO_2-emissies van

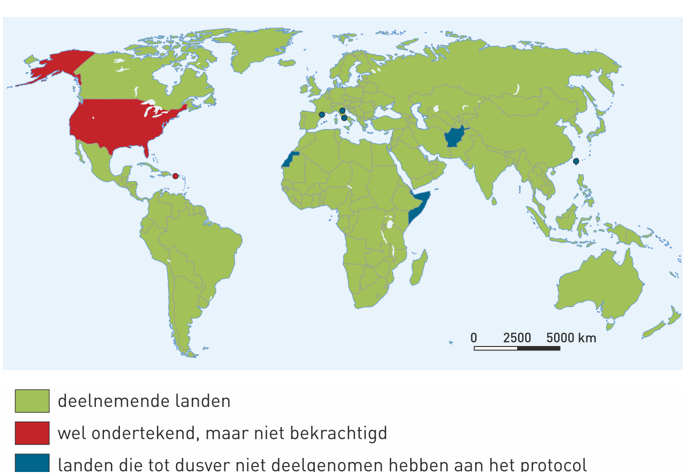
> klimaatconferentie

deze sector, omdat een deel van de uitstoot namelijk plaatsvindt buiten de eigen landsgrenzen.

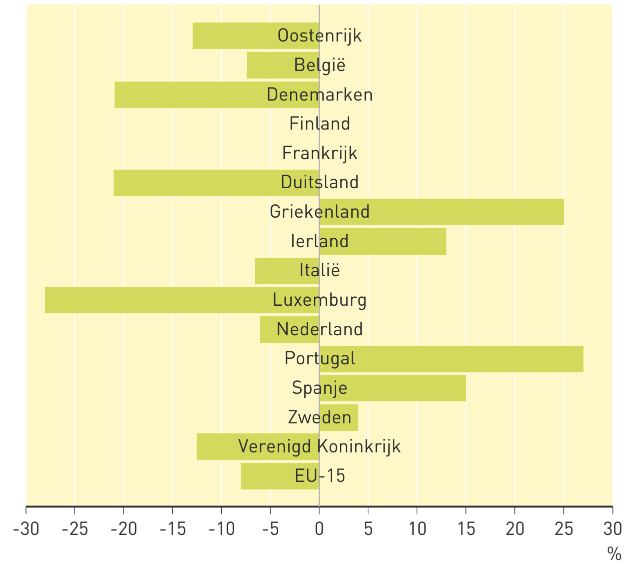
■ Bij het klimaatbeleid na 2012, wanneer Kyoto afloopt, zal meer rekening gehouden moeten worden met de emissies van de internationale lucht- en scheepvaart. Deze snelgroeiende sector is namelijk een belangrijke veroorzaker van een verhoogde CO_2-uitstoot. Door emissies bijvoorbeeld toe te schrijven aan herkomst- of bestemmingslanden kan beter in kaart gebracht worden waar de uitstoot het grootst is en dus ook in welke landen de meeste emissiereductie moet plaatsvinden. Wanneer dit niet gebeurt, kunnen de internationale klimaatdoelen in gevaar komen.

● In het Verdrag van Kyoto staat dat de uitstoot van CO_2 tussen 2008 en 2012 verminderd moet zijn met gemiddeld 5,2% ten opzichte van het niveau in 1990. Er wordt hier uitgegaan van de totale uitstoot, waarbij er voor afzonderlijke landen of groepen landen percentages vastgesteld zijn. Voor de Europese Unie (EU-15, lidstaten die voor 1 mei 2004 lid waren) geldt een gemiddelde reductie van 8% (figuur 4.13); voor Japan is het percentage vastgesteld op 6%.

● Voor ontwikkelingslanden is nog geen emissiereductie vastgesteld. Bij nieuwe afspraken zal dit wel noodzakelijk zijn als gekeken wordt naar de vervuiling die China, India en Brazilië veroorzaken. Deze landen worden (nog) gerekend tot de ontwikkelingslanden, terwijl ze een enorme economische groei doormaken. Voor de periode na 2012 is in de onderhandelingen op de klimaattop in Kopenhagen (2009) afgesproken dat ontwikkelingslanden een bijdrage moeten leveren aan de reductie van broeikasgassen die in verhouding staat tot hun financiële en technische mogelijkheden.



Figuur 4.12 Het Verdrag van Kyoto (stand februari 2009).



Figuur 4.13 Vastgestelde emissiereductie in EU-15 landen per lidstaat.

● Inmiddels onderschrijven bijna alle landen in de wereld het Verdrag van Kyoto (figuur 4.12). De Verenigde Staten hebben het verdrag wel ondertekend, maar zijn niet van plan dit te bekrachtigen. De Amerikaanse regering kiest liever voor alternatieve maatregelen die gericht zijn op schone technologie bij het gebruik van fossiele brandstoffen en de toepassing van kernenergie.

Europees beleid

▶ De Europese landen hebben hun eigen geschiedenis ten aanzien van milieubeleid. Dat is ook terug te zien in het klimaatdebat en de beleidslijnen die in Europa zijn uitgezet. Overkoepelend beleid is verenigd in de afspraken van de Europese Unie, maar daarnaast hebben de afzonderlijke landen ook te maken met de nationale wetgeving.

● De EU-15 heeft als groep landen gezamenlijk het Verdrag van Kyoto ondertekend. Dit zijn de lidstaten die voor 1 mei 2004 lid waren. Voor de groep landen die na deze datum tot de EU zijn toegetreden, gelden de Kyoto-afspraken niet. Rijke landen als Nederland moeten meer investeren om de doelstellingen te behalen dan armere landen als Portugal (figuur 4.12). Worden de doelen niet gehaald, dan kan er een forse boete volgen.

● De nieuwe EU-lidstaten zijn voornamelijk Oost-Europese landen. Zij krijgen van de Europese Unie financiële hulp om ervoor te zorgen dat hun CO_2-uitstoot bij verdere economische ontwikkeling op een zo laag mogelijk niveau gehouden wordt. Zo zijn er bijvoorbeeld projecten die gericht zijn op energie-

efficiëntere productie of op herbebossing en wordt het gebruik van duurzame energiebronnen gestimuleerd.

■ De geboden hulp kent voor een deel een dubbel belang: landen die projecten in Oost-Europa financieren, mogen de vermindering in emissiereductie die daardoor behaald wordt, voor een deel verrekenen met een teveel aan uitstoot in eigen land. Dit leidt in sommige gevallen tot meer productie met als gevolg een hogere CO_2-uitstoot en juist meer milieuvervuiling.

▶ Hoewel de doelstellingen van het Europees klimaatbeleid voor de EU-15 landen gelijk zijn, zijn er verschillen tussen de landen onderling. Het is vaak moeilijk om op Europees niveau tot een afstemming te komen van de nationale wetgeving.

● De verschillen in regelgeving hebben te maken met de economische en politieke belangen van een land. Ook spelen sociale aspecten zoals tradities en maatschappelijke betrokkenheid een rol. Denk maar aan Scandinavië: Zweden loopt al jaren voorop als het gaat om de milieuwetgeving. Ook op het Deense eiland Samsø is er onder de eilandbewoners voldoende draagvlak aanwezig om volledig gebruik te maken van duurzame energie.

● Verschillen in beleid hoeven niet altijd nadelig te zijn. Het is juist verstandig wanneer landen zich specialiseren in dingen waar ze goed in zijn. Zo is bij de toepassing van zonne-energie meer winst te behalen in Zuid-Europa, terwijl een bosrijk gebied als Zweden zich meer kan richten op energiewinning uit hout (biomassa). Voor Nederland kan in de nabije toekomst een rol weggelegd zijn voor de opslag van CO_2. Nederland kan hiervoor een aantal lege aardgasvelden gebruiken in onder meer Drenthe of de Noordzee.

Nederlands beleid

▶ Het Nederlands klimaatbeleid kent twee belangrijke pijlers: de bevordering van duurzaam energiegebruik en het afremmen van mobiliteit. Bij de ontwikkeling van het beleid zijn verschillende ministeries betrokken.

● Het ministerie van VROM is behalve als coördinator van het klimaatbeleid onder andere ook verantwoordelijk voor het bevorderen van energiebesparing in bijvoorbeeld woningen en kantoren. Energiebesparing in de gebouwensector loont, omdat meer dan tweederde van het energieverbruik in gebouwen opgaat aan verwarming en afkoeling. Daarnaast kan ook het

> duurzaam energiegebruik
> afremmen van mobiliteit



Figuur 4.14 Tolheffing.

compacter bouwen in stedelijke gebieden een bijdrage leveren aan het zuiniger omgaan met energie.

● Het ministerie van Verkeer en Waterstaat houdt zich vooral bezig met het afremmen van de mobiliteit en het stimuleren van het openbaar vervoer. Eén van de maatregelen om de automobiliteit te verminderen, is het zogenoemde rekeningrijden, waarbij de automobilist op sommige trajecten moet betalen per gereden kilometer. Een aantal Europese steden kent dit systeem van tolheffing al, dat vooral toegepast wordt rondom grote steden en in dichtbevolkte gebieden.

● Het ministerie van Economische Zaken richt zich op de energie-efficiëntere productie en de toepassing van duurzame energie in de industrie. De energieproblematiek (het opraken van de voorraden en de milieuvervuiling) is nauw verbonden met de ontwikkelingen van de industrie en het klimaatbeleid. Door te investeren in onderzoek en technologie kan de overheid een bijdrage leveren aan schonere energie in de toekomst.

> tolheffing

▶ De auto is één van de grootste vervuilers als het gaat om CO_2-uitstoot. Aangezien de uitbreiding van het autopark de komende decennia wereldwijd niet zal afnemen, is het afremmen van mobiliteit een belangrijk middel om de luchtvervuiling zoveel mogelijk te beperken. Bovendien loont het om te investeren in schone technologie, zoals de ontwikkeling en toepassing van vervoermiddelen met een elektrische motor (figuur 4.15).

Elektrische bussen in Den Bosch

DEN BOSCH – De gemeente Den Bosch geeft 'ruim baan aan elektrisch vervoer'. Door de historische binnenstad rijden straks drie elektrische bussen, en autodeelorganisatie Greenwheels stationeert vier elektrische wagens in de stad. De gemeente streeft ernaar om voor juli 2010 vijftig elektrisch aangedreven voertuigen binnen de gemeentegrenzen te hebben rijden. (...)
(..) Den Bosch heeft een intentieverklaring getekend met vijf partners (busbedrijf Arriva, Greenwheels, energiemaatschappij Essent, netwerkbeheerder Enexis en de provincie) over de inzet van elektrisch vervoer in de Brabantse hoofdstad. Volgens wethouder Eigeman is het voor het eerst dat een Nederlandse gemeente het elektrische vervoer zo breed en met zoveel partijen stimuleert. (...)

Figuur 4.15

- Transportbesparing is zonder meer rendabel voor bedrijven: minder vervoer betekent minder brandstofverbruik en minder chauffeurs. Met deze financiële besparing kunnen nieuwe investeringen worden gedaan. Maar hoe krijg je bedrijven nu zo ver dat ze daadwerkelijk overgaan op deze vorm van duurzame logistiek? De overheid probeert onder andere door het verstrekken van informatie en subsidies bedrijven geïnteresseerd te krijgen voor transportbesparing. Daarnaast is het tegenwoordig aantrekkelijk voor bedrijven om geassocieerd te worden met het milieu en het voeren van een duurzaam beleid.
- Voor het promoten van duurzame initiatieven en het creëren van draagvlak onder de bevolking is een rol weggelegd voor de politiek. De Nederlandse overheid probeert met campagnes meer aandacht te krijgen voor het beleid. Hierbij is het verstrekken van subsidies of een belastingvoordeel vaak een belangrijk middel om mensen over de streep te trekken om beter om te gaan met het milieu. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij de toepassing van duurzame energie of de aanschaf van 'schone' en energiezuinige auto's.

Gemeenten hebben vaak een voorbeeldfunctie als het gaat om het bevorderen van duurzaam energieverbruik.

Opdrachten 4.3

Deelvraag
5 Welk klimaatbeleid wordt er op verschillende schaalniveaus geformuleerd en uitgevoerd?

Opdracht 18 Klimaatconferenties K/I

Lees paragraaf 4.3.

a Waarom worden er sinds 1992 wereldwijde klimaatconferenties gehouden?
b Gebruik de wereldkaart in de atlas en figuur 4.12. Welke landen hebben volgens de kaart in je studieboek Kyoto niet ondertekend?
c Welk land is de uitzondering in figuur 4.12?
d Noteer twee mogelijke argumenten van verschillende aard voor het niet ondertekenen / niet bekrachtigen van het Verdrag van Kyoto.

Opdracht 19 Het Verdrag van Kyoto K/I

a Lees W5. Vertel in je eigen woorden welk doel het klimaatverdrag heeft.
b Wat is de essentiële doelstelling van het Verdrag van Kyoto?
c Bekijk figuur 4.13. Wat betekent het getal -6,0% voor Nederland?
d Welke tweedeling kun je maken in de toegestane uitstoot per land?

W5 Het doel van het klimaatverdrag van Kyoto, zoals verwoord in Artikel 2.

'Ervoor zorgen dat de concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer op een niveau gestabiliseerd worden dat gevaarlijke menselijke verstoring van het klimaatsysteem wordt voorkomen. Dit niveau moet worden bereikt binnen een zodanig tijdsbestek dat ecosystemen in staat zijn zich op natuurlijke wijze aan te passen aan de klimaatverandering. Ook moet dit niveau worden bereikt binnen een dusdanig tijdsbestek dat de voedselproductie niet in gevaar komt en de economie zich op duurzame wijze kan ontwikkelen.'

Opdracht 20 CO_2-productie I

a Gebruik GB 206A en de het onderdeel Statistiek in de GB. Welk verband is er tussen de landen met de grootste CO_2-productie per inwoner (Statistiek) en de OPEC (GB 206A)?
b Doen deze landen mee met het Kyotoprotocol? Wat zal hun motivatie zijn?
c Sommige landen van de EU mogen in de nabije toekomst meer CO_2 uitstoten. Hoe kun je dit verklaren?
d Vind je het terecht dat ontwikkelingslanden geen reductie hoeven te verwezenlijken in de uitstoot van CO_2? Maak in je antwoord gebruik van GB 219F.

Opdracht 21 Vergelijking energiepositie verschillende landen I/V

Bekijk figuur 3.8 uit hoofdstuk 3. Lees ook het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' achter in dit boek.

a Welke energiebronnen laten in de prognose een afwijkende ontwikkeling zien? Licht je antwoord toe.
b Vergelijk de energiepositie van China, India, de V.S., Rusland en Nederland. Neem het schema van W6 over en vul het in. Gebruik hierbij de GB.
c Geef commentaar op de gegevens in de tabel. Ga daarbij in op de waarde van de verschillende indicatoren. Wat zeggen de indicatoren over de energiepositie van de verschillende landen?
d Welk gevolg heeft de getoonde prognose in figuur 3.8 voor:
  – de uitstoot van broeikasgassen;
  – handelsrelaties;
  – machtsrelaties ('geopolitiek')?

W6 Energiepositie van verschillende landen. **Overnemen in je schrift!**

	Kaart	China	India	V.S.	Rusland	Nederland
Energiebalans	201D	...	...	...	...	...
Energieverbruik	...	...	...	...	...	...
Autopark	...	...	...	...	...	...
Industriële beroepsbevolking	...	...	...	...	...	...
Elektriciteits-productie	...	...	...	...	...	...

Opdracht 22 Schone energie K/I

Lees W7 en bekijk W8

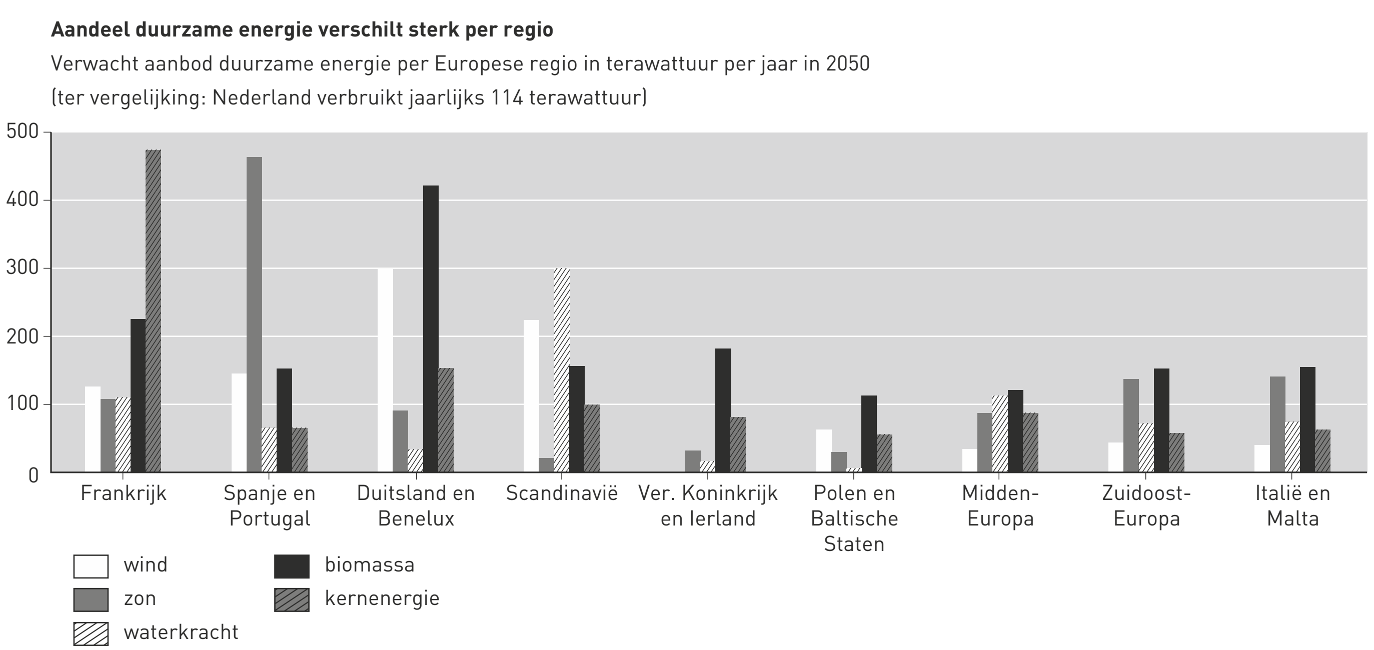
a Gebruik W8. Noteer van de vier grootste energieleveranciers in Europa de voornaamste energiebron(nen).

b Leg voor Spanje en Portugal, Duitsland en Benelux en Scandinavië uit waarom de genoemde energiebronnen bij vraag a het meest voor de hand liggen gezien de fysische omstandigheden.

c Je zou kunnen stellen dat de toekomstige energievoorziening in Europa werkt op basis van complementariteit. Leg dit uit.

d In W7 kun je lezen dat 'één van de belangrijkste voorwaarden voor een klimaatneutrale energietoekomst is dat alle Europese elektriciteitsnetwerken aan elkaar gekoppeld worden'. Waarom is Europese samenwerking en daarbij de koppeling van het elektriciteitsnetwerk van cruciaal belang?

W8 Aandeel duurzame energie per regio.



W7 Leven van de zon en de wind.

(...) Een warme zomerdag in 2050. In Denemarken is het meer dan 30 graden. Denen die niet werken, zoeken verkoeling aan de kust. Als ze goed kijken, zien ze in de verte één van de vele windmolenparken. Maar daar heb je niet veel aan met dit weer, want er staat geen zuchtje wind. Toch hebben de Denen juist op dit soort dagen extra elektriciteit nodig. Airconditioning draait op volle toeren en de accu's van hun elektrische auto's moeten na een dagje aan het strand bij thuiskomst worden opgeladen. Een paar decennia geleden werd op zo'n windstille dag gewoon de kolencentrale extra opgestookt. Maar dat kan niet meer. Europa beloofde – net als andere rijke landen – zo'n veertig jaar geleden om de uitstoot van broeikasgassen voor het midden van de eeuw met 80% te verminderen. Dus zijn de meeste centrales die op fossiele brandstoffen werkten, de afgelopen jaren gesloopt. Vandaag halen de Denen hun elektriciteit uit Duitsland; daar waait het nog een beetje en bieden de biomassacentrales uitkomst. De Duitsers vangen hun tekort op door stroomleveranties vanuit Frankrijk, waar de kerncentrales gewoon hun werk doen. Mocht dat onvoldoende zijn, dan kan de sluis worden opengezet naar Spanje, waar de zon krachtig op zonnecellen brandt. Volgens de European Climate Foundation, een onafhankelijke denktank over klimaatbeleid, is dit het toekomstscenario voor een Europese energie-productie zonder broeikasgassen. Zo'n scenario is technologisch mogelijk en economisch haalbaar, concludeert de Climate Foundation in de gisteren verschenen studie 'Roadmap 2050: a practical guide tot a prosperous, low carbon Europe'. Eén van de belangrijkste voorwaarden voor zo'n klimaatneutrale energietoekomst is dat alle Europese elektriciteitsnetwerken aan elkaar gekoppeld worden. (...)

Opdracht 23 Nederlands beleid K

a Wat zijn de twee belangrijkste pijlers van het Nederlands klimaatbeleid?

b Waarom zullen juist dit de belangrijkste pijlers zijn?

c Welke drie ministeries zijn bij het klimaatbeleid betrokken? Noteer ook de belangrijkste speerpunten van ieder ministerie.

d Welke rol spelen de gemeenten bij het uitvoeren van het klimaatbeleid?

Opdracht 24 Vakantievoetafdruk I/V VERDIEPING

In deze opdracht onderzoek je hoeveel milieubelasting je vakanties de afgelopen jaren hebben gekost. Je gebruikt hiervoor de website www.vakantievoetafdruk.nl om gegevens te verzamelen.

a Neem W9 over en noteer in de bovenste rij drie verschillende landen waar je de afgelopen jaren op vakantie bent geweest of waar je graag naartoe zou willen.

b Voor welke bestemming verwacht je de meeste milieubelasting? Geef ook aan waarom.

c Vul de ontbrekende gegevens in in W9.

d Vergelijk de gegevens in de tabel. Welke bestemming heeft de meeste milieubelasting? Licht je antwoord toe.

e Welke maatregelen worden op de site genoemd om de milieubelasting te verlichten?

f Bekijk in hoeverre deze maatregelen van invloed zijn op je vakantiebestemming.

g Beredeneer welke vakantiebestemming, vervoerswijze en accommodatie de meeste vervuiling opleveren.

h Maak je een volgende keer een afweging voor een milieubewustere vakantie? Waarom wel/niet?

W9 Verdeling vakantievoetafdruk in %.

Land →	...	...	...
Voedsel/afval	...	...	...
Lokaal vervoer	...	...	...
Vervoerswijze	...	...	...
Accommodatie	...	...	...
Activiteiten	...	...	...
Totale vakantie-voetafdruk	...	...	...

Opdracht 25 Klimaatbeleid V

Gebruik de website www.hier.nu/home/. Lees ook het 'Overzicht vaardigheden en werkwijzen' achter in je studieboek.

a Bij de nieuwsselectie staan verschillende berichten over klimaatverandering en het klimaat(beleid). Kies één bericht uit en vat de kern van het artikel samen.
b Zelf kun je ook maatregelen nemen om je energieverbruik te verminderen. Op de site staat bovenin het kopje 'word klimaatneutraal'. Welke maatregelen zijn voor jou het meest haalbaar? Kies er drie uit en licht je antwoord toe.
c Vergelijk en bespreek je antwoorden op vraag a en b met een medeleerling.

Opdracht 26 Terugblik op paragraaf 4.3

a Op welke schaalniveaus wordt klimaatbeleid uitgevoerd?
b Noteer per schaalniveau de belangrijkste kansen en knelpunten.

Online extra

Kijk op www.degeo-online.nl voor extra materiaal zoals filmpjes, animaties en interessante links bij deze paragraaf.

Afsluiting

Slotopdracht

Bekijk de deelvragen die horen bij dit hoofdstuk.

a Zet achter deelvraag 1 de begrippen die erbij horen.
b Noteer bij elke maatregel van deelvraag 1 het bijhorende schaalniveau waarop de maatregel wordt toegepast. Dit is je antwoord op deelvraag 2.
c Gebruik de tussenkopjes van paragraaf 4.2 om deelvraag 3 te beantwoorden
d Beantwoord deelvraag 4.
e Maak een samenvatting van paragraaf 4.3. Dit is je antwoord op deelvraag 5.
f Welke figuur in je werkboek geeft aan waarop het bedoelde beleid uit de hoofdvraag gebaseerd moet zijn?

Leeroverzicht

Na de bestudering van dit hoofdstuk en het maken van de opdrachten:

- kun je maatregelen noemen die de schadelijke effecten van broeikasgassen beperken;
- ken je het verschil tussen brongerichte maatregelen en symptoombestrijding;
- kun je aangeven waarom er handel in emissierechten plaatsvindt;
- kun je verschillende manieren noemen om transportbesparing te bevorderen;
- ken je vijf voorbeelden van duurzame energiebronnen;
- kun je beoordelen welke vorm van duurzaam energiegebruik je het beste kunt toepassen op de verschillende schaalniveaus;
- kun je beoordelen waarom er behalve duurzame energiebronnen gekozen wordt voor alternatieve energiebronnen;
- kun je het klimaatbeleid op verschillende schaalniveaus beschrijven en verklaren;
- kun je de verschillen in uitvoering van het klimaatbeleid in afzonderlijke landen beoordelen;
- kun je duidelijk maken dat beleid niet altijd consistent is en dat het niet altijd op elkaar is afgestemd.

Begrippen

afremmen van mobiliteit, brongerichte maatregelen, duurzame energie, duurzaam energiegebruik, handel in emissierechten, klimaatconferentie, symptoombestrijding, tolheffing, transportbesparing

Extra Casus Energiegebruik in de toekomst

In deze opdracht ga je je een mening vormen over de keuze van energiebronnen voor de toekomst. Eerst beantwoord je een aantal vragen. Vervolgens maak je bij opdracht 2 een afweging over de mix van energiebronnen die Nederland in de toekomst zou moeten gebruiken, waarbij je rekening houdt met de verschillende belangengroepen in de samenleving.
Je maakt deze opdracht alleen. Je hebt hiervoor één lesuur nodig.

Opdracht 1

Bekijk W10 t/m W15 en GB 78 en 79.

a Noteer twee energiebronnen (W13) die onder 'overig duurzaam' vallen.
b Welke twee landen in de EU maken naar verhouding het meest gebruik van waterkracht?
c Gebruik de GB statistiek. Geef een gemeenschappelijke verklaring voor de landen met een energiegebruik tussen de 0 en 100 GJ/inwoner.
d Welk land maakt naar verhouding het meest gebruik van kernenergie?
e Welke fossiele brandstof wordt in Nederland naar verhouding het meest gebruikt? Licht je antwoord toe.

Opdracht 2

In W14 staan de voor- en nadelen per energiebron. Je gaat nu zelf een afweging maken welke mix van energiebronnen de energiemaatschappijen in Nederland in de toekomst zouden moeten gebruiken. Je moet rekening houden met:

- de energievoorraden (voorzieningszekerheid);
- de energiekosten;
- de gevolgen voor het milieu;
- de verschillende belangengroepen (milieuorganisaties, overheid, bedrijven, consumenten);
- het Verdrag van Kyoto.

Om tot een afweging te komen, geef je zelf cijfers (op een schaal van 1 tot 100) aan de verschillende energiebronnen. Het totaal van de gegeven cijfers moet uitkomen op 100%. Verwerk je eindresultaat in W15 (downloaden en printen!). Beargumenteer je keuze per energiebron.

W10 Energievoorziening en politieke belangen.

(...) In de discussie die de laatste maanden is losgebarsten over de energievoorziening van de toekomst, staat spreiding van risico's centraal. Als ministers en regeringsleiders voorstellen doen, klinken ze als behoudende beleggers. De Amerikaanse president Bush hield onlangs een pleidooi voor duurzame brandstoffen om zo de afhankelijkheid van olie uit het Midden-Oosten te beperken. De Britse premier Blair pleitte om dezelfde reden voor meer kernenergie. (...) Aangezien de olie- en gasvoorraden in Europa snel opraken, wordt het continent in rap tempo meer afhankelijk van de import van fossiele brandstoffen uit instabiele landen als Iran, Saudi-Arabië en Rusland. (...) De grote vraag is hoe landen in de EU, en Nederland in het bijzonder, vermindering van broeikasuitstoot, voorzieningszekerheid en lage energieprijzen kunnen bereiken. Is kernenergie nodig? In hoeverre kan duurzame energie een oplossing bieden? Hoe belangrijk blijven fossiele brandstoffen? (...)

W11 Energievoorziening en milieubelangen.

(...) Greenpeace heeft een utopisch scenario laten uitvoeren dat toepasselijk de naam 'energy revolution' kreeg. Dankzij een mix van flinke energiebesparingen en forse investeringen in duurzame energie is kernenergie geheel overbodig, kunnen kolen eveneens worden afgeschaft en is gas slechts tijdelijk nodig om de ommezwaai te maken naar een duurzame samenleving. De milieuorganisatie heeft zijn hoop gevestigd op innovatie. Dankzij technologische verbeteringen moeten zonnepanelen, die in 2003 op de radar van IEA nog nagenoeg onzichtbaar waren, in 2040 evenveel stroom opwekken als kernreactoren nu. Het vermogen aan windmolens op zee en land zou in dit scenario tot 2030 verveertienvoudigen. Samen met water en biomassa leveren deze duurzame vormen voldoende energie op, mits bedrijven en consumenten rond 2050 hun energieverbruik hebben gehalveerd. Daarvoor moet de energiegebruiker een prijs betalen. Wie minder onafhankelijk wil worden van fossiele brandstoffen en niet aan de kernenergie wil, zal voorlopig duurder uit zijn. (...)

W12 Energieverbruik in 25 EU-landen.

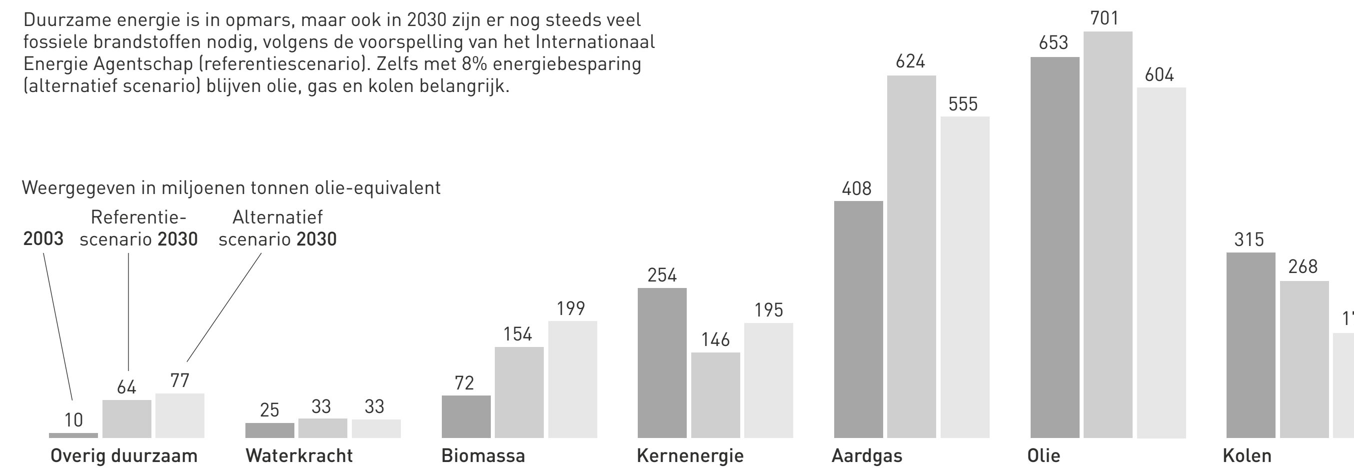


Huishoudelijk energieverbruik in gigajoule (GJ), per persoon per land (1 GJ = 30 liter benzine). Wereldgemiddelde is 59 GJ.

- 0-100
- 100-200
- 200-300
- 300-400

W13 Energiebronnen.

Duurzame energie is in opmars, maar ook in 2030 zijn er nog steeds veel fossiele brandstoffen nodig, volgens de voorspelling van het Internationaal Energie Agentschap (referentiescenario). Zelfs met 8% energiebesparing (alternatief scenario) blijven olie, gas en kolen belangrijk.

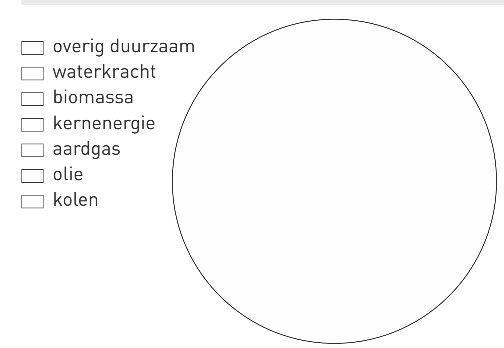


W14 Voor- en nadelen per energiebron.

	OVERIG DUURZAAM	WATERKRACHT	BIOMASSA	KERNENERGIE	AARDGAS	OLIE	KOLEN
Grootste voordelen per energiebron	+ Weinig CO_2-uitstoot (alleen voor bouw installaties) + Onuitputtelijk	+ Weinig CO_2-uitstoot (alleen voor bouw van installaties) + Onuitputtelijk	+ Per saldo nauwelijks CO_2-uitstoot (wel voor transport) + Van de duurzame varianten het goedkoopst	+ Weinig CO_2-uitstoot (o.a. voor bouw van installaties) + Kosten ongevoelig voor schommelingen van grondstofprijzen	+ Schoonste fossiele brandstof + Relatief goedkoop	+ Basis van de huidige energie-infrastructuur + Relatief goedkoop	+ Nog zeker 200 jaar voorraden + CO_2-opslag in oude gasvelden mogelijk
Grootste nadelen per energiebron	– Nog duur – Variabel (afhankelijk van weersomstandigheden) – Moeilijk inpasbaar in het elektriciteitsnet	– Beperkte mogelijkheden – Inbreuk op landschap	– Veel beslag op landbouwgronden – Gaat ten koste van tropisch regenwoud	– Afval blijft ruim honderdduizend jaar schadelijk – Bijproduct plutonium kan worden gebruikt in kernwapens – Ongelukken kunnen ernstige gevolgen hebben	– Bijdrage aan het broeikaseffect – Bekende voorraden in zestig jaar uitgeput – Levering door politiek instabiele landen – Kosten gevoelig voor schommelingen in grondstofprijzen	– Flinke bijdrage aan het broeikaseffect – Bekende voorraden in veertig jaar uitgeput – Levering door politiek instabiele landen – Kosten gevoelig voor schommelingen in grondstofprijzen	– Twee keer zoveel CO_2-uitstoot als olie – Vuile verbrandingsgassen. Door nieuwe techniek (kolenvergassing) te verhelpen

Downloaden en printen!

W15 Gebruik energiebronnen in Nederland in 2030 weergegeven in %.



Proeftoets

Extra toets
Controleer jezelf met de proeftoets aan het einde van het hoofdstuk en/of de diagnostische toets op www.degeo-online.nl.

Opgave 1 Broeikasgassen
Gebruik bron 1.

1 Welk broeikasgas levert de grootste bijdrage aan het versterkte broeikaseffect?

2 Is het mogelijk om de uitstoot van deze stof in de atmosfeer volledig terug te dringen? Waarom wel of waarom niet?

3 Welk broeikasgas geeft de hoogste relatieve temperatuurstijging?

De uitstoot van het broeikasgas uit vraag 3 is het eerst aangepakt.

4 Noteer, behalve de reden van vraag 3, nog een andere reden waarom men als eerste is begonnen de uitstoot van dit broeikasgas te beperken.

5 Geef voor de drie broeikasgassen in bron 1 aan welke menselijke activiteiten de belangrijkste oorzaak van deze stof zijn.

Opgave 2 Biobrandstoffen
Gebruik bron 2.

6 Wat is een biobrandstof?

7 Geef twee voorbeelden van biobrandstoffen.

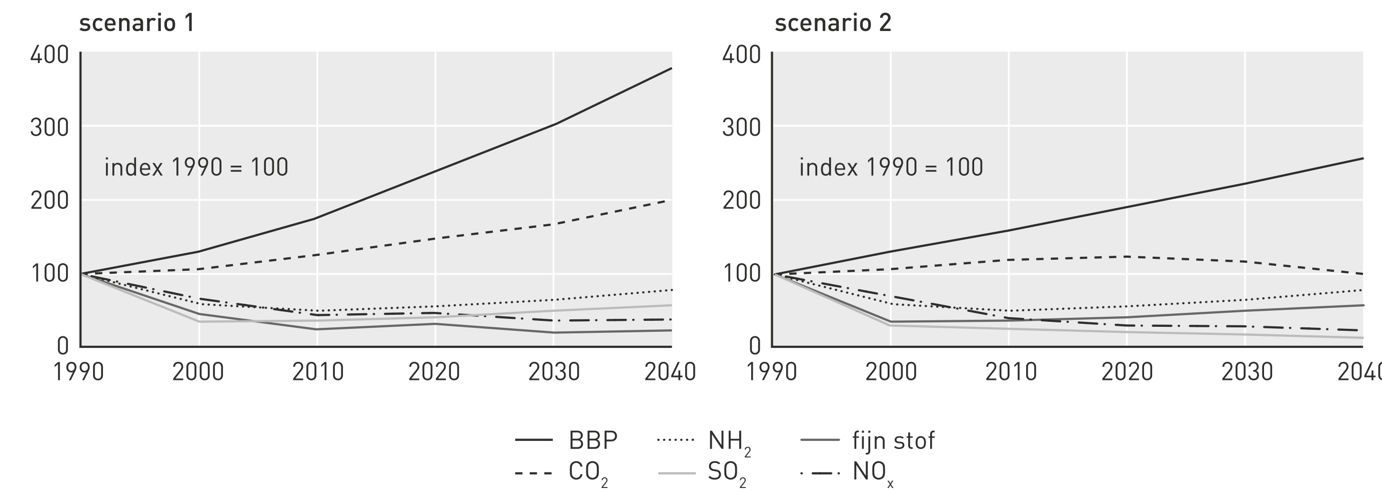
Bron 2 Frankrijkganger rijdt zonder het te merken op biobrandstof.

De Franse regering wil het gebruik van biobrandstoffen een flinke duw in de goede richting geven. Onlangs zijn er plannen bekendgemaakt om vier keer zoveel biobrandstof te gaan gebruiken als nu het geval is. In Frankrijk wordt biobrandstof toegevoegd aan benzine en diesel. Iedereen tankt wel een keer een mengsel zonder het te merken, ook de Nederlandse vakantiegangers. Het gebruik van biobrandstoffen leidt tot minder CO_2 in de lucht, het belangrijkste broeikasgas. In 2003 gingen 2,4 miljoen Nederlanders met de auto op vakantie naar Frankrijk, blijkt uit de cijfers van het CBS. Daar komen nog eens ruim 300.000 mensen bij die naar Spanje zijn gereden en ongetwijfeld van de Franse tankstations gebruik hebben gemaakt. Zonder het te merken, hebben ze dus allemaal wel een keer gereden op een milieuvriendelijkere brandstof.

Bron 1 Belangrijke eigenschappen van broeikasgassen.

	Relatieve temperatuurstijging per molecuul CO_2 per 100 jaar	Aandeel in het broeikaseffect in %	Uitstoot in de atmosfeer	Verblijftijd in de atmosfeer in jaren
Kooldioxide (CO_2)	1	55	groot	50 - 200
Methaan (CH_4)	21	15	klein	150
Stikstofdioxide (N_2O)	290	6	klein	150
Cfk's	3.500 - 7.700	25	klein	65 - 130

Bron 3 Emissieontwikkeling in twee scenario's in relatie tot het BBP.



8 Vind je het terecht dat Frankrijk biobrandstof toevoegt aan benzine en diesel? Licht je antwoord toe.

Opgave 3 Emissieontwikkeling
Gebruik de bronnen 3 en 4.

In bron 3 is de emissieontwikkeling in twee scenario's in relatie tot het bruto binnenlands product (BBP) weergegeven. De bijbehorende maatregelen om tot deze scenario's te komen, staan in bron 4.

9 Welke maatregelen (A of B) horen bij scenario 1 en welke bij scenario 2?

10 Verklaar je keuze.

11 Welke dimensie past het best bij scenario 1?

12 Beoordeel de haalbaarheid van scenario 2.

Bron 4 Milieumaatregelen.

A
- Deels aanscherpen van het internationaal milieubeleid.
- Scherpere Euronormering voor auto's (nog schonere auto's vanaf 2020).
- Scherper klimaatbeleid, ACEA-doelstelling (European Automobile Manufacturers' Association) niet gehaald.
- Scherper mestbeleid.
- Overheidssteun voor groene diensten.

B
- Schone auto's vanaf 2010.
- Deels loslaten van het internationale milieubeleid.
- Kyotoprotocol verwatert, ACEA niet.
- Volledige liberalisatie van de landbouwsector.

Opgave 4 Rekeningrijden
Gebruik bron 3.

In beide scenario's in bron 3 ontbreekt de maatregel rekeningrijden. Dit komt doordat alleen gekeken is naar beleid dat vastligt.

13 Verklaar waarom rekeningrijden als maatregel goed zou passen bij de scenario's in bron 3.

14 Rekeningrijden is in zekere zin een vorm van tolheffing. Leg dit uit.

15 Welk begrip uit je studieboek is behalve tolheffing ook van toepassing op rekeningrijden? Licht je antwoord toe.

Opgave 5 Aardwarmte

Gebruik bron 5.

16 Lees bron 5. Noteer twee voordelen van het gebruik van aardwarmte.

17 Op welk schaalniveau vindt winning van aardwarmte vooral plaats?

18 Noteer drie andere vormen van duurzame energiebronnen.

19 Geef van elke genoemde duurzame energiebron een voor- en een nadeel.

Bron 5 Haagse wethouder wil aardwarmte.

De ruim zesduizend woningen die de komende jaren in Den Haag-Zuidwest worden gebouwd, moeten worden verwarmd door middel van geothermische energie oftewel aardwarmte. (…) Geothermische energie maakt gebruik van de warmte van de aarde. In de Haagse situatie moet water twee kilometer de grond in worden gepompt, waar het wordt opgewarmd tot 75 °C. Eenmaal opgepompt, kan het worden gebruikt om het water van de stadsverwarming op temperatuur te krijgen. (…)

Opgave 6 CO_2-opslag

20 CO_2-opslag is een manier om de schadelijke uitstoot van broeikasgassen aan te pakken. Waar vindt deze opslag plaats?

21 Gebruik de atlas. Beredeneer welk gebied in Nederland het meest geschikt is om CO_2 op te slaan, gezien de geografische ligging van de voornaamste emissiebron(nen).

22 Welke atlaskaarten ondersteunen je antwoord?

Opgave 7 Kansen en knelpunten

Gebruik bron 6.

23 Lees bron 6. Verklaar in dit verband de titel van paragraaf 4.3: 'Beleid en belangen: kansen en knelpunten' vanuit de genoemde landen, overheidsorganen en organisaties. Deze zijn in bron 6 onderstreept.

Bron 6 Kyotonorm leidt tot tunnelvisie.

Het internationale klimaatbeleid zit op een dood spoor. Als het roer niet radicaal omgaat, stevent de wereld af op een catastrofe.
Met deze sombere boodschap mengde de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) zich woensdag in de discussie over het veranderende klimaat. In haar studie 'Klimaatstrategie – tussen ambitie en realisme' oordeelt de WRR hard over de Europese regeringsleiders. Hun ambitie om de hele wereld een reductie van het broeikasgas CO_2 op te leggen, is tot mislukken gedoemd, aldus de WRR. Landen als de Verenigde Staten, China en India zullen dat nooit accepteren. Zij vrezen voor economische stagnatie en willen de zeggenschap over hun klimaatbeleid niet uit handen geven. Het zal daarom niet lukken de doelstelling, niet meer dan 2 graden temperatuurstijging in 2100, te halen. Toch gaat de EU onverdroten verder met de 'Kyotoaanpak', die uitgaat van verplichte emissiereducties. De focus is verworden tot een tunnelvisie. Europa miskent de belangen van andere landen. Die willen vooral hun omvangrijke kolenvoorraad opstoken.
De reacties op het WRR-rapport waren woensdag fel. Staatssecretaris van Milieu sprak van een 'niet onderbouwd advies' dat de internationale successen miskent. Ook het Milieu en Natuurplanbureau (MNP) vindt de WRR te negatief over de resultaten van het klimaatbeleid. Er is een gedegen infrastructuur van toezicht op emissie, en er is reductiebeleid op gang gekomen. Volgens Greenpeace neemt het WRR-advies afscheid van 'Kyoto' en capituleert het voor de aanpak van de Amerikaanse president Bush, die samen met Australië pleit voor vrijblijvende 'technologie-uitwisseling' en 'schone' toepassing van fossiele brandstoffen. Dit heeft tot nu toe tot geen enkele reductie van CO_2-uitstoot geleid. Toch komt de WRR onder het mom van realisme nu met vergelijkbare aanbevelingen voor het klimaatbeleid.

Begrippen hoofdstuk 4

Afremmen van mobiliteit 137
Het terugdringen van verkeer over land, ter zee en in de lucht.

Brongerichte maatregelen 124
Maatregelen die genomen worden om een (milieu)probleem structureel aan te pakken. Dus met de bedoeling dat de uitstoot of de emissie minder worden.

Duurzame energie 128
Vernieuwbare energie waarover de mens voor onbeperkte tijd kan beschikken zonder dat de energievoorraad wordt uitgeput (bijvoorbeeld zonne- en windenergie).

Duurzaam energiegebruik 137
Het gebruik van vernieuwbare energiebronnen (duurzame energie).

Handel in emissierechten 124
Het kopen en verkopen van uitstootrechten van schadelijke broeikasgassen.

Klimaatconferentie 135
Bijeenkomst waar de gevolgen van klimaatverandering besproken worden en afspraken gemaakt worden over het terugdringen van de schadelijke effecten van klimaatverandering.

Symptoombestrijding 124
Maatregelen die gericht zijn op de bestrijding van de effecten van een (milieu)probleem. Hiermee worden dus alleen de gevolgen van de emissie bestreden.

Tolheffing 137
Het heffen van accijns op bepaalde infrastructurele voorzieningen waarbij de gebruiker direct betaalt om er gebruik van te mogen maken.

Transportbesparing 125
Het nemen van maatregelen voor efficiënter transport met als doel het verkeer te verminderen.

Proefexamen

Opgave 1 Platentektoniek en klimaat

Gebruik bron 1 en GB 188/189, 192B en 193A.

Bron 1

Het Krijt, de broeikasaarde

De Krijtperiode werd gekenmerkt door hogere gemiddelde temperaturen dan tegenwoordig. Deze hogere temperaturen kunnen grotendeels verklaard worden door platentektonische bewegingen. Uit de ouderdom van nieuw gevormde oceaanbodem kunnen we afleiden dat de seafloor spreading bij midoceanische ruggen in het Krijt wel vijf keer zo snel ging als tegenwoordig. Dat had allerlei belangrijke gevolgen. Eén van de gevolgen was dat de atmosfeer naar schatting wel twintig keer zoveel CO_2 bevatte als tegenwoordig. Het hoge CO_2-gehalte zorgde tijdens het Krijt voor hoge temperaturen op aarde.

1p **1** Welke atlaskaart moet je gebruiken om inzicht te krijgen in de platentektonische bewegingen vanaf het Krijt?

In de bron wordt gesproken over een snelle seafloor spreading in het Krijt en de gevolgen daarvan.

2p **2** Leg uit op welke manier een snelle seafloor spreading bij midoceanische ruggen in het Krijt heeft geleid tot hoge temperaturen op aarde.
Je uitleg moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.

Een snelle seafloor spreading heeft ook gevolgen voor de hoeveelheid water die in een oceaan aanwezig kan zijn, het zogenaamde waterbergend vermogen. Dit kun je onderzoeken door een vergelijking te maken tussen de snelheid van de plaatbewegingen bij de Midden-Atlantische Rug tussen Afrika en Zuid-Amerika en de Oost-Pacifische Rug (circa 3.000 tot 3.500 kilometer ten westen van Zuid-Amerika).

3p **3** Beredeneer met behulp van atlaskaart 188-189 en atlaskaart 192B wat de invloed is van een snelle seafloor spreading op de gemiddelde diepte (en dus op het waterbergend vermogen) van de oceanen.
Ga daarbij in op:
- de snelheid van de plaatbewegingen bij de Midden-Atlantische Rug tussen Afrika en Zuid-Amerika;
- de snelheid van de plaatbewegingen bij de Oost-Pacifische Rug.

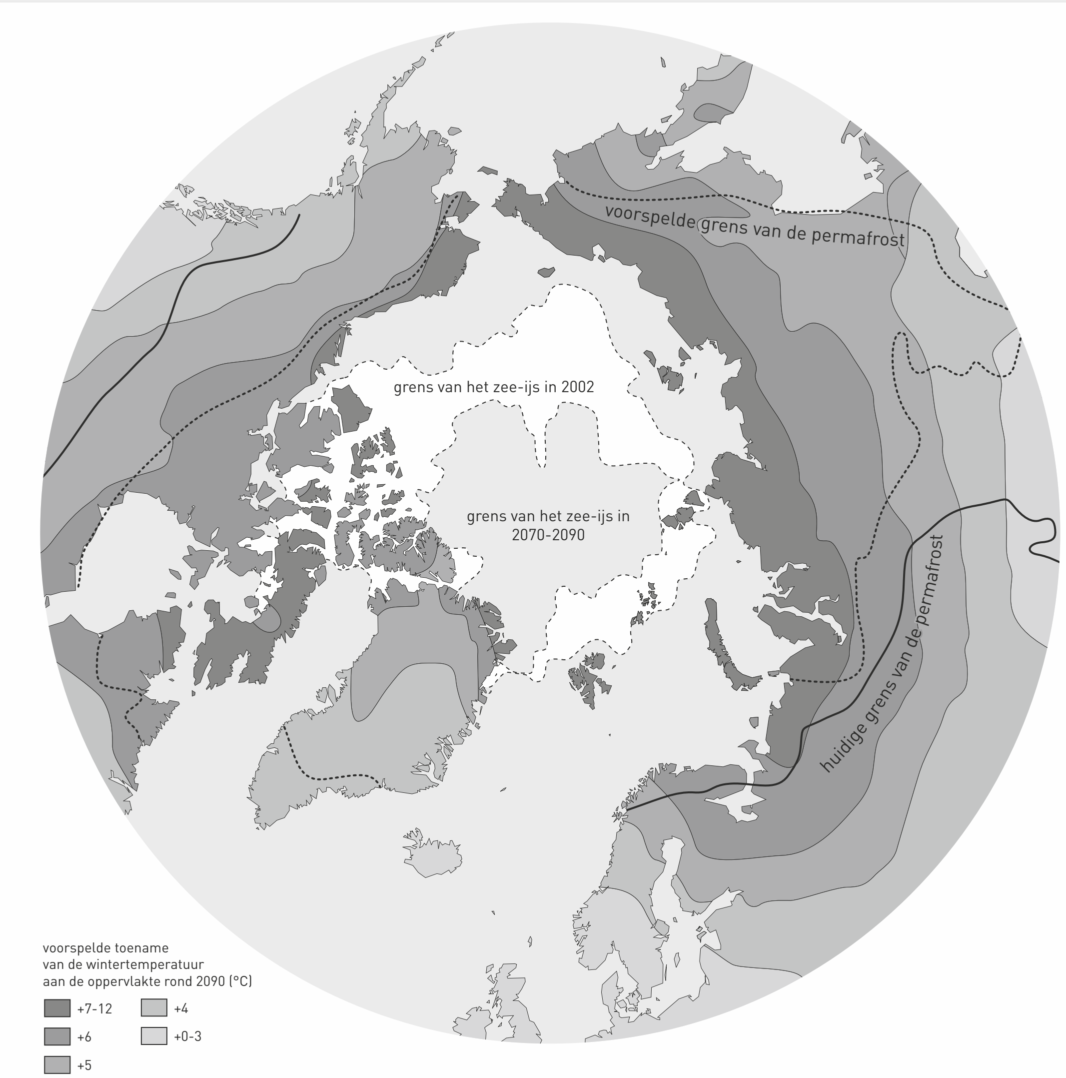
De koolstofcyclus wordt door menselijk handelen verstoord.

2p **4** Beschrijf hoe het evenwicht in de koolstofcyclus door menselijk handelen wordt verstoord.

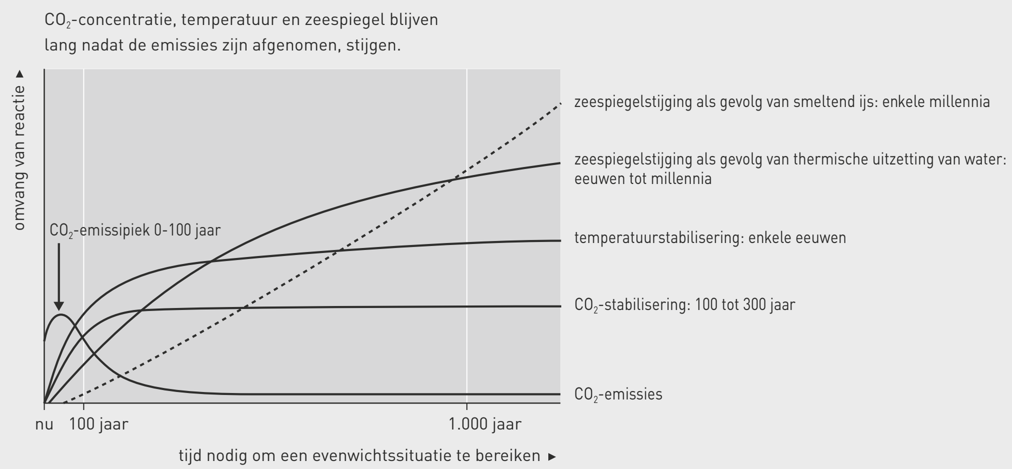
Opgave 2 Het broeikaseffect en het temperatuurverloop in de toekomst

Gebruik de bronnen 2 en 3.

Bron 2 Geschatte verandering in gemiddelde wintertemperatuur in 2090 in het Noordpoolgebied.



Bron 3 Termijn van aanpassing aan een CO_2-piek in de atmosfeer.



3p **5** Beredeneer in drie stappen hoe de in bron 2 getoonde verandering in het oppervlakte van het zee-ijs, het smelten van het zee-ijs kan versterken.

Het noordwaarts schuiven van de permafrostgrens heeft een vergelijkbaar effect op het klimaat als het bij vraag 5 genoemde smelten van zee-ijs.

2p **6** Beredeneer hoe het noordwaarts schuiven van de permafrostgrens op mondiale schaal een temperatuurverhoging kan versterken.
Je uitleg moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.

Voor het temperatuurverloop in de toekomst zijn verschillende scenario's denkbaar. Enerzijds zal er sprake zijn van een opwarming van de aarde. Anderzijds zullen astronomische variabelen (de Milankovitch-variabelen) er zeer waarschijnlijk voor zorgen dat er in de toekomst een nieuwe ijstijd zal ontstaan. Op basis van deze twee scenario's zou iemand kunnen stellen dat we ons geen zorgen hoeven te maken, omdat de verwachte opwarming en afkoeling elkaar min of meer in evenwicht zullen houden.

1p **7** Waarom moeten wij ons waarschijnlijk toch wél zorgen maken?

Het versterkte broeikaseffect kan grote gevolgen hebben voor laaggelegen gebieden als Nederland. Alleen het terugdringen van de broeikasgassen (met name CO_2) in de atmosfeer is onvoldoende om de gevolgen van het versterkte broeikaseffect te weerstaan. Behalve deze brongerichte aanpak is er namelijk nog een andere aanpak nodig.

2p **8** Beargumenteer met behulp van bron 3 welke andere aanpak nodig is om de gevolgen van het versterkte broeikaseffect te weerstaan.

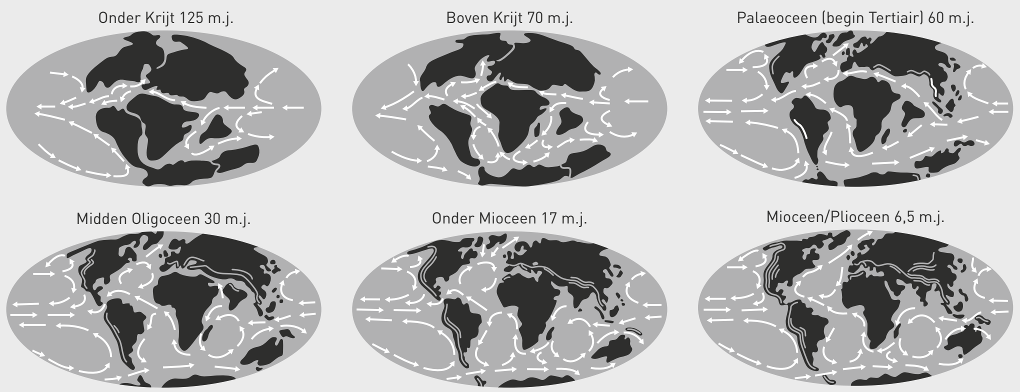
Een mogelijk succesvolle aanpak van het versterkte broeikaseffect vormt de opslag van CO_2 in de ondergrond. In Nederland zou CO_2 bijvoorbeeld opgeslagen kunnen worden in zoutkoepels, waarin door winning van zout holle ruimtes zijn ontstaan.

1p **9** Welk ander type ondergrondse opslagplaats zou (mogelijk) gebruikt kunnen worden in Nederland voor de opslag van CO_2?

Opgave 3 Oceaancirculatie

Gebruik bron 4.

Bron 4 Ontwikkeling van de oceaancirculatie in de periode van 125 miljoen jaar geleden tot 6,5 miljoen jaar geleden.



De gebergten zijn lichte lijnen op het land, de witte pijlen zijn zeestromen aan de oppervlakte.

2p **10** Is in de periode tussen 60 miljoen jaar tot 6,5 miljoen jaar geleden de vulkanische activiteit langs de westkust van het Zuid-Amerikaanse continent ten opzichte van de vorige periode toegenomen, afgenomen of gelijk gebleven?
Leg je keuze uit met behulp van bron 4.

Veranderingen in de ligging van continenten leidden tot veranderingen in de oceaancirculatie tijdens het Tertiair.

2p **11** Noteer twee veranderingen in de ligging van continenten, ontleend aan bron 4, die grote invloed hebben gehad op de oceaancirculatie tijdens het Tertiair.

Als gevolg van een verandering in het circulatiepatroon van de oceanen tijdens het Tertiair raakte Antarctica bedekt met grote ijskappen.

1p **12** Welke verandering wordt bedoeld?

Opgave 4 Uitbreiding landbouwareaal

Gebruik bron 5 t/m 7.

Bron 5 Verschillen in schadelijkheid van de belangrijkste broeikasgassen.

Broeikasgas	Uitstoot (in %)	CO_2-equivalent	Belangrijkste bronnen
Kooldioxide (CO_2)	85	1	industrie/auto's
Methaan (CH_4)	6	21	landbouw/afval
Lachgas (N_2O)	8	310	landbouw

Bron 6

[...] Volgens een verschenen rapport, 'Livestock's Long Shadow', van de Wereldvoedselorganisatie (FAO) van de VN is 18% van de uitstoot van broeikasgassen afkomstig van de veehouderij. Dat is meer dan de uitstoot door vervoersmiddelen. De veehouderij (vooral van rundvee) produceert maar 9% van de uitstoot van kooldioxide door menselijk handelen, maar een veel groter deel van de schadelijkste broeikasgassen. 65% Van de door mensen veroorzaakte uitstoot van lachgas (dat ruim driehonderd keer meer bijdraagt aan de opwarming van de aarde dan kooldioxide) is afkomstig van de veeteelt, vooral van mest, en 37% van zulke uitstoot van methaan (een gas dat 21 keer meer bijdraagt aan het broeikaseffect dan kooldioxide). [...]

Bron 7

[...] Veehouderij neemt op het ogenblik 26% van de oppervlakte van de aarde (afgezien van het deel dat door ijs is bedekt) in beslag. Minstens zo belangrijk is dat bijna eenderde van de landbouwgrond in de wereld nu wordt gebruikt voor de teelt van voedergraan voor dieren in plaats van voor graan als voedsel voor mensen. Van oudsher graasde vee altijd op grasland. Pas in de twintigste eeuw zijn we begonnen om enorme lappen landbouwgrond te bestemmen voor de productie van voedergraan, zodat de rijkste consumenten vlees konden eten. [...]

2p **13** Leg met een gegeven uit bron 5 en een gegeven uit bron 6 uit waarom juist de veeteelt zorgt voor een grote bijdrage aan de uitstoot van schadelijke broeikasgassen.

In bron 7 kun je lezen dat vanaf de twintigste eeuw een groot deel van het landbouwareaal gebruikt wordt voor voedergewassen. Dit is nodig om aan de grote vraag naar vlees te kunnen voldoen.

2p **14** Geef een demografische reden en een economische reden waarom het aannemelijk is dat het in beslag nemen van landbouwgrond voor de teelt van voedergewassen in de toekomst alleen nog maar groter zal zijn.

Behalve voedselgewassen worden er in toenemende mate ook energiegewassen geteeld. Voorbeelden hiervan zijn palmolie en soja. Deze gewassen zijn niet geschikt voor consumptie maar hebben een ander doel: ze moeten namelijk bijdragen aan de vermindering van de uitstoot van schadelijke broeikasgassen.

1p **15** Welk (klimaat)doel wordt hier bedoeld en welke toepassing is hiervoor nodig?

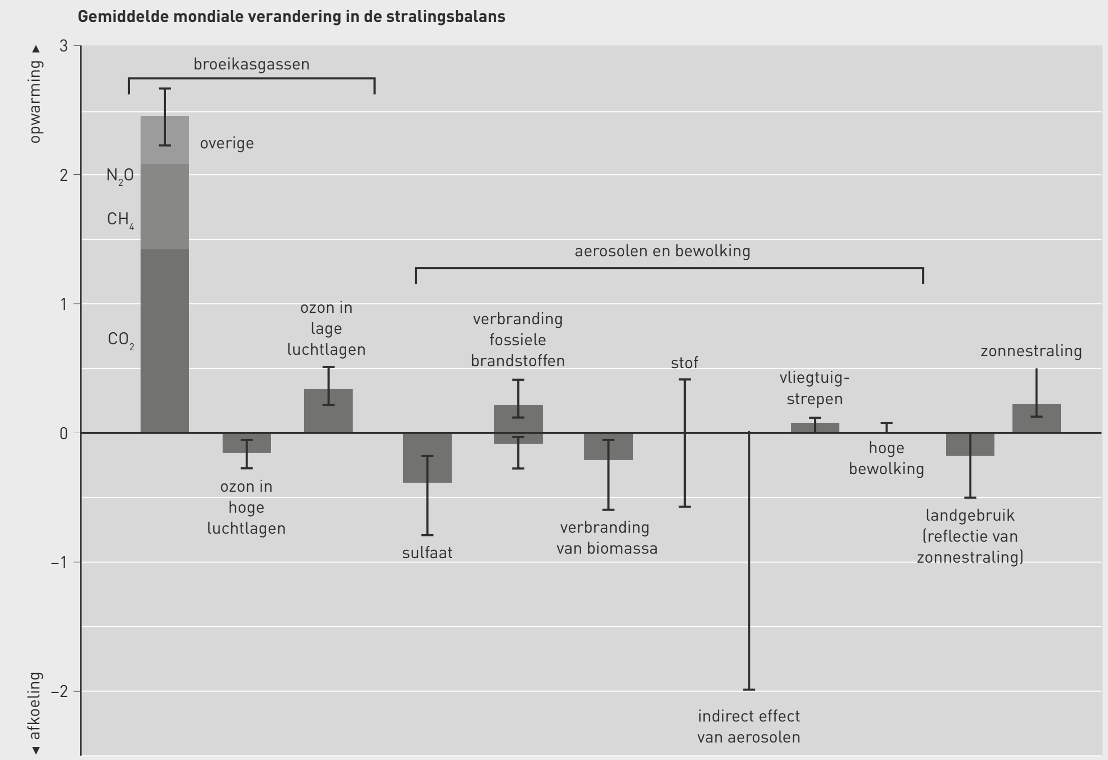
De uitbreiding van het landbouwareaal gaat voornamelijk ten koste van de oorspronkelijke plantengroei in de perifere en semiperifere gebieden in de wereld.

2p **16** Welke combinatie van kaarten uit de GB toont dit aan?

Opgave 5 Klimaatverandering en de gevolgen daarvan

Gebruik bron 8.

Bron 8 De invloed van menselijke en natuurlijke factoren op klimaatverandering; de situatie in 2000 vergeleken met de situatie in 1750.



De hoogte van een staaf geeft de gemeten verandering in de stralingsbalans weer.
De bijbehorende verticale lijn geeft de onzekerheid van de verandering weer.

De waarde 0 op de verticale as geeft de situatie in 1750 weer.

Aerosolen is een verzamelnaam voor (vloei)stofdeeltjes van zeer uiteenlopende aard.

1p **17** Welk gegeven uit bron 8 maakt het onmogelijk om een juiste voorspelling te doen over klimaatverandering?

In het boek 'Opgewarmd Nederland' (2004) stelt klimatoloog Rob van Dorland dat de mensheid, zonder het zelf te weten, de temperatuurstijging als gevolg van het versterkte broeikaseffect lange tijd heeft afgeremd.

2p **18** Geef op basis van bron 8 twee argumenten die aansluiten bij de visie van klimatoloog Rob van Dorland.

In bron 8 zijn de variaties in de baan van de aarde rondom de zon en de variaties in de stand van de aardas niet opgenomen.

2p **19** Leg uit waarom beide soorten variaties niet in deze bron staan.

3p **20** Noteer drie fysisch-geografische gevolgen van klimaatverandering op mondiale schaal.

Opgave 6 Noordpoolgebied en klimaatverandering

Gebruik GB 223A.

1p **21** Waarom leidt het smelten van het ijs op Groenland tot een zeespiegelstijging?

1p **22** Waarom leidt het smelten van het ijs in de Noordelijke IJszee niet tot een zeespiegelstijging?

IJsboringen in het landijs op Groenland geven aanwijzingen voor een temperatuurdaling aan het einde van de laatste ijstijd.

3p **23** Leg uit hoe ijsboringen in landijs aanwijzingen kunnen geven voor temperatuurveranderingen in de atmosfeer in het verleden.

2p **24** Behalve negatieve gevolgen van klimaatverandering zijn er ook positieve gevolgen voor sommige delen in het Noordpoolgebied. Noteer twee van deze voordelen.

Opgave 7 Nederlands klimaatbeleid

Eén van de pijlers van het Nederlands klimaatbeleid is het afremmen van de mobiliteit.

2p **25** Toon met twee gegevens uit de statistiek van de GB aan dat het afremmen van de (auto)mobiliteit in Nederland kan bijdragen aan het beperken van de schadelijke gevolgen van het versterkte broeikaseffect.
Je uitleg moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.

1p **26** Welke 'autogerichte' maatregel kan bijdragen aan het afremmen van de automobiliteit?

1p **27** Welke 'autogerichte' maatregel draagt niet bij aan het afremmen van de automobiliteit, maar zorgt wel voor het beperken van de schadelijke gevolgen van het versterkte broeikaseffect?

Behalve op het afremmen van de mobiliteit richt de Nederlandse overheid zich ook op het bevorderen van duurzaam energiegebruik.

1p **28** Geef een voorbeeld van een maatregel, die zich richt op het stimuleren van duurzaam energiegebruik onder de Nederlandse bevolking.

Overzicht vaardigheden en werkwijzen

Bij aardrijkskunde (geografie) gaat het niet alleen om weten en begrijpen. Je oefent ook 'geografische vaardigheden en werkwijzen', door het maken van opdrachten in het werkboek. Hiermee kun je zelf een goed aardrijkskundig beeld van de wereld opbouwen. Je kunt die vaardigheden zien als een soort gereedschap. En de werkwijzen helpen je om dat gereedschap op de juiste manier te hanteren.
In dit overzicht krijg je eerst een toelichting op datgene waar het bij aardrijkskunde om gaat: het vormen van een geografisch beeld van (delen van) de wereld. Daarna komen de vaardigheden en werkwijzen aan bod. De opbouw van dit overzicht is als volgt:

1 Een geografisch beeld vormen
2 Aardrijkskundige vragen stellen
3 Geografische hulpmiddelen
4 Aardrijkskundige werkwijzen
5 Stappenplan geografisch onderzoek

1 Een geografisch beeld vormen

▶ Geografen zijn erg geïnteresseerd in gebieden. Ze letten speciaal op de overeenkomsten en de verschillen tussen gebieden. Deze ruimtelijke overeenkomsten en verschillen doen zich voor bij zowel menselijke als natuurlijke verschijnselen. Denk bij menselijke verschijnselen bijvoorbeeld aan de spreiding en groei van de bevolking, de economische ontwikkeling of aan culturen. Voorbeelden van natuurlijke verschijnselen zijn klimaten, vulkanisme of vegetatievormen.
● Menselijke en natuurlijke verschijnselen beïnvloeden elkaar sterk. Een voorbeeld is de samenhang tussen de spreiding van de bevolking en de bodemvruchtbaarheid. Verandering van het ene verschijnsel zorgt voor verandering bij het andere.

▶ Een geografisch beeld van een gebied bevat een beschrijving van vier soorten kenmerken: de ligging, de gebiedskenmerken, de bevolkingskenmerken en de interne en externe relaties.

A De ligging
● De plaats binnen een coördinatensysteem van meridianen en parallellen noem je de *absolute ligging*. Een voorbeeld: Amsterdam ligt op 52° 22' N. en 4° 53' O. Deze absolute ligging verandert nooit. Wat wél kan veranderen is de *relatieve ligging*, dat wil zeggen de positie ten opzichte van andere plaatsen of verschijnselen op het aardoppervlak. De relatieve ligging wordt vaak uitgedrukt in tijd, kosten of moeite om andere plaatsen te bereiken. De bouw van de tunnel onder de Westerschelde veranderde de relatieve ligging van Zeeuws Vlaanderen, omdat de tijd en de moeite om dit deel van Nederland te bereiken kleiner werden.

B Gebiedskenmerken
● Dit zijn de (voor een groot deel zichtbare) eigenschappen van een gebied. Denk hierbij aan:
– Kenmerken van de natuurlijke omgeving (fysisch milieu), zoals bodem, grondsoort, water, reliëf, klimaat, zeestromen of delfstoffen.
– De inrichting, zoals bodemgebruik, verkaveling, infrastructuur, nederzettingen of stedelijke bebouwing.

C Bevolkingskenmerken
● Er zijn vier bevolkingskenmerken. Allereerst de *culturele* kenmerken. Het gaat dan over aangeleerd gedrag en uitingen van menselijke groepen, zoals taal, godsdienst, geschiedenis of heersende normen en waarden. Tot de *demografische* kenmerken reken je omvang, groei en (verandering in de) samenstelling van de bevolking.
De *economische* kenmerken zoals werkloosheid, inkomen, in- en uitvoer of de bestaansmiddelen (landbouw, industrie en diensten) vormen de derde groep.
Ten slotte de *politieke* kenmerken. Ze hebben te maken met het uitoefenen en de verdeling van macht. Zo worden in Nederland veel politieke besluiten genomen in Den Haag. In België daarentegen is de macht verdeeld over drie gewesten: het Vlaamse, het hoofdstedelijke en het Waalse gewest.

D Interne en externe relaties
● Bedrijven, instellingen en organisaties hebben onderling contacten. Voor zover deze plaatsvinden binnen de bestudeerde regio spreek je over *interne relaties*. Gebruikmaken van wijkvoorzieningen behoort tot de interne relaties van steden. Contacten met andere regio's noem je *externe relaties*. Forensisme is een externe relatie van een stad: namelijk tussen bewoners van gebieden rondom de stad met bedrijven in de stad zelf.

▶ De opbouw van geografische kennis kan twee vormen aannemen: regionale en thematische geografie.
● De *regionale geografie* concentreert zich op de studie van één gebied (regio). Het gaat hierbij om de samenhang tussen verschijnselen binnen dat gebied en de relaties met andere gebieden. Regionaal geografen benadrukken het unieke karakter van dat gebied ten opzichte van andere gebieden. Dat unieke karakter wordt vaak in enkele woorden tot uitdrukking gebracht. Bijvoorbeeld met 'Nederland distributieland' of 'China: de reus ontwaakt'.
● In de *thematische geografie* proberen geografen een goed beeld te krijgen van één of enkele verschijnselen. Daarvan wordt dan het spreidingspatroon onderzocht en de samenhang met andere verschijnselen. Bijvoorbeeld de spreiding van de bevolking in samenhang met klimaten.

▶ Geografische kennis wordt onder andere gebruikt bij het oplossen van ruimtelijke vraagstukken. Een ruimtelijk vraagstuk is bijvoorbeeld het probleem rondom de leefbaarheid van stedelijke gebieden, wateroverlast in Nederland of de verdroging in Afrika.
▶ Geografische informatie wordt nooit kant-en-klaar afgeleverd. Integendeel. Boeken, films, websites of kaarten bevatten veel gegevens, maar het is dan de kunst om hieruit de juiste informatie te halen en die te combineren. Aardrijkskundige vragen helpen daarbij.

2 Aardrijkskundige vragen stellen

Soorten aardrijkskundige vragen

▶ Iedereen stelt zich bij het plannen van een vakantie wel eens een vraag over de ligging, natuurlijke omgeving en inrichting van het vakantiegebied, de cultuur die er voorkomt of de bereikbaarheid. Denk maar eens aan de volgende vragen:
– Waar ligt het vakantiegebied? (Hoe ver moet ik reizen?)
– Hoe ziet het landschap eruit? (Welke schoenen neem ik mee?)
– Welke weersomstandigheden overheersen er? (Veel zon? Genoeg sneeuw?)
– Welke taal wordt er gesproken? (En spreken ze ook Engels?)
– Op welke manier moet ik naar dat gebied reizen? (Auto, vliegtuig, trein?)

Dit zijn allemaal geografische vragen. Je bent zo, misschien wel onbewust, bezig met aardrijkskunde. Ze gaan immers over een gebied en de verschijnselen die zich daar voordoen. De vragen hebben nog iets anders gemeenschappelijk. Bij de beantwoording ontstaat een beschrijving van een (vakantie)gebied. Vragen die een beschrijving opleveren, noem je daarom beschrijvende vragen. Elk vak, dus ook aardrijkskunde, begint met het stellen van beschrijvende vragen. Maar eigenlijk zijn de vragen naar het 'waarom' en 'waartoe' interessanter. In het volgende overzicht tref je ook dat soort vragen aan. Er worden daar ook voorbeelden gegeven.

A Beschrijvende vragen
● Deze vragen beginnen met woorden als 'waar', 'hoe', of 'wat'. Antwoorden op beschrijvende vragen gaan dus over zaken als de ligging of de spreiding en de kenmerken van verschijnselen. Soms gaat het om de weergave van een ruimtelijk vraagstuk.

B Verklarende vragen
● Deze vragen beginnen met woorden als 'waarom', 'waardoor', 'hoe komt het'. Het gaat dus om oorzaken. Een goede verklaring bestaat uit de volgende onderdelen:
– *Situatiebeschrijving.* Je noemt de geografische omstandigheden waarin een verschijnsel zich voordoet. Het gaat om aspecten van de ligging, de gebiedskenmerken, de bevolkingskenmerken of de relaties die kunnen helpen bij de verklaring.
– *Oorzaak.* Welke gebeurtenis zorgt ervoor dat het te verklaren verschijnsel zich voordoet?
– *Gevolg.* Dit is het te verklaren verschijnsel.
– *Verklarend principe.* Dit is een algemene regel waarin is vastgelegd waarom de oorzaak leidt tot het gevolg.

Meestal spelen meerdere oorzaken of factoren tegelijkertijd een rol. Voor veel verschijnselen zijn zowel menselijke als natuurlijke factoren verantwoordelijk. Zo wordt bodemerosie niet alleen veroorzaakt door ontbossing (een menselijke factor), maar ook door een toename van de intensiteit van de neerslag (een natuurlijke of fysische factor).

C Voorspellende vragen
● Voorspellende vragen zijn toekomstgericht. Het zijn vragen naar het voorkomen (of wegblijven) van verschijnselen in een gebied in de komende jaren of decennia. Het gaat om een verwachting op grond van de beschikbare informatie.
Een goede voorspellende vraag bevat minstens drie onderdelen:
– *Situatiebeschrijving.* De huidige (regionale) omstandigheden, met aandacht voor de ruimtelijke context.
– *Verwachting.* De voorspelde toekomst.
– *Voorspellend principe.* Dit is een algemene regel die het verband beschrijft tussen de huidige omstandigheden en de verwachting voor de toekomst.

Soorten vragen	Voorbeelden van vragen met daaronder (beknopte) antwoorden
A Beschrijvende vragen	1 Wat is 'toerisme'? 2 Waar liggen toeristische bestemmingsgebieden in Spanje? 3 Hoe reizen toeristen naar vakantiebestemmingen in Spanje? 4 Welk soort toerisme tref je in de genoemde gebieden aan? 5 Voor welke plaatselijke problemen zorgt het toerisme?
	1 Vorm van recreatie, gericht op reizen en verblijf buiten eigen woongebied. 2 Aan de kusten van de Middellandse Zee: de costa's. 3 Per vliegtuig, bus of auto. 4 Massatoerisme, strandvakanties. 5 Overlast, verstening, problemen met watervoorziening, enzovoort.
B Verklarende vraag	Waardoor nam het massatoerisme naar de Spaanse costa's vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw zo sterk toe?
	Situatiebeschrijving De aanwezigheid van landschappelijk mooie kuststreken, mooie stranden en warme, hete zomers en zachte winters. Oorzaak Toename welvaart en vrije tijd en betere infrastructuur (autosnelwegen). Gevolg Stijging van het aantal toeristen. Verklarend principe Het aantal toeristen stijgt, wanneer de relatieve afstand naar een (potentiële) toeristische bestemming afneemt en de welvaart en vrije tijd in het herkomstgebied van toeristen toenemen.
C Voorspellende vraag	Verwacht je een groei of een daling van het aantal toeristen aan de Spaanse costa's?
	Situatiebeschrijving Het aantal toeristen in Spaanse kustgebieden daalde. Het aanbod van alternatieve bestemmingen neemt toe en 'lowbudget'-maatschappijen concurreren met nieuwe plaatsen van vertrek en meer bestemmingen binnen Europa. Verwachting Verdere daling van toeristenstroom naar Spanje. Voorspellend principe Naarmate de toerist kan kiezen uit meerdere, gelijkwaardige bestemmingen qua relatieve afstand (prijs, afstand, reistijd) en kwaliteit (comfort, service, landschappelijke attractiviteit), neemt de kans af dat hij steeds weer kiest voor die ene bestemming.
D Waarderende vraag	Vind je de afname van de toeristenstroom gunstig of ongunstig voor de Spaanse kustgebieden?
	Situatiebeschrijving Verminderde inkomsten voor de horeca aan de Spaanse kust, de toename van de werkloosheid, de verslechtering van de dienstenbalans tussen Spanje en het buitenland, maar ook een kleinere aanslag op watervoorraden, minder aantasting van het milieu, enzovoort. Oordeel Een afweging tussen enerzijds de economische belangen en anderzijds de bescherming van natuurwaarden. Hecht je grotere waarde aan de natuurbelangen, dan zul je de afname van de toeristenstroom positief waarderen. Een en ander onderbouw je met argumenten door bijvoorbeeld in te gaan op de effecten van minder toeristen op de watervoorraden in de regio.
E Probleemoplossende vraag	Welk advies zou je geven om te voorkomen dat de inkomsten uit toerisme afnemen en dat de werkloosheid toeneemt?
	Situatiebeschrijving Zie eerder bij waarderende vraag. Voorstel van maatregelen Investeren in duurzaam toerisme. Criteria Precieze beschrijving van de toename van watervoorraden, vermindering van energieverbruik en milieuvervuiling. Oplossing Duurzamere samenleving met een verbetering van het milieu en minder werkloosheid en hogere inkomsten.

D Waarderende vragen

● Waarderen betekent dat je een uitspraak doet over de wenselijkheid van een situatie of proces. Daar horen ook argumenten bij: waaróm is iets wenselijk?
Waarderende vragen beginnen bijvoorbeeld met 'Is het een goede zaak, dat ….(?)', of 'Waarom vind je het wenselijk, dat ….(?)'
Waarderen heeft alles te maken met opvattingen over 'goed' en 'slecht' en dus met waarden en normen. Die waarden en normen moet je noemen bij waarderende vragen. Daarnaast moet je ook argumenten geven.
Voor waarderende vragen kun je het 'Stappenplan eigen mening' gebruiken:

- Wat is het probleem?
- Wie zijn erbij betrokken?
- Wat is hun mening over het probleem en welke argumenten hebben ze?
- Wat is je eigen mening en welke argumenten heb jij zelf?

E Probleemoplossende vragen

● Bij dit soort vragen wordt je gevraagd een probleem op te lossen. Alle eerder genoemde vragen moet je daarvoor al beantwoord hebben. Immers, zonder een verschijnsel eerst te kennen en te kunnen verklaren, kun je geen probleem oplossen. Het antwoord op een probleemoplossende vraag is vaak een voorstel, een advies of een plan.
Bij de antwoorden zullen de volgende elementen moeten terugkomen:

- *Situatiebeschrijving*. De huidige ongewenste situatie/ ontwikkeling.
- *Voorstel van maatregelen.* waaruit je zou kunnen kiezen. Niet elke maatregel zal even goed uitpakken. Anders gezegd: maatregelen kunnen tot verschillende *scenario's* leiden.
- *Criteria* waaraan een oplossing moet voldoen.
- *Oplossing*. Dit is de maatregel die volgens jou tot de meest gewenste ontwikkeling leidt. Je moet ook duidelijk maken waarom je juist deze maatregel kiest.

Hoofdvragen en deelvragen

▶ Wanneer je een verschijnsel of gebied gaat bestuderen, maak je één centrale vraag (de hoofdvraag) en enkele deelvragen. Hoofdstukken in het boek zijn ook opgebouwd aan de hand van zo'n combinatie van hoofd- en deelvragen.
▶ Een goede hoofdvraag voldoet aan de volgende eisen:
● De hoofdvraag moet natuurlijk een aardrijkskundige vraag zijn en dus betrekking hebben op zowel een verschijnsel als een gebied.

Voorbeeld van hoofd- en deelvragen

Hoofdvraag

Wat is de beste oplossing om te voorkomen dat veranderingen in de waterafvoer van de grote rivieren de komende dertig jaren een probleem gaan vormen voor de bewoners van het rivierengebied? (probleemoplossende / waarderende vraag)

Deelvragen

1. Waar ligt het rivierengebied en welke delen van Nederland horen erbij? (beschrijvende vraag)
2. Hoe is de waterafvoer de laatste decennia in het rivierengebied veranderd? (beschrijvende vraag)
3. Welke problemen bracht die verandering met zich mee? (beschrijvende vraag)
4. Waardoor werd de verandering van de waterafvoer veroorzaakt? (verklarende vraag)
5. Welke veranderingen treden hier de komende dertig jaar op in de waterafvoer van de grote rivieren en waar precies? (voorspellende vraag)
6. Welke problemen voor de bevolking doen zich door die veranderingen in de waterafvoer voor? (voorspellende vraag)
7. Welke oplossingen kun je bedenken om de problemen te voorkomen? (probleemoplossende vraag)
8. Welke oplossing is de beste? (waarderende vraag)

● Uit de hoofdvraag moet duidelijk tot uiting komen welke informatie je nodig hebt. De hoofdvraag is dus niet te globaal. Zorg voor het volgende:

- Omschrijf duidelijk het onderwerp ('wat').
- Baken de periode waarin het onderwerp onderzocht moet worden duidelijk af ('wanneer').
- Geef zo precies mogelijk aan welk(e) gebied(en) onderzocht worden ('waar' en 'begrenzing').

▶ De antwoorden op de deelvragen lossen een stuk van de hoofdvraag op. Goede deelvragen voldoen aan de volgende eisen:
● Deelvragen ondersteunen de hoofdvraag.
● Het aantal deelvragen is niet te groot. Voeg daartoe eventueel deelvragen samen of streep wat minder belangrijke vragen weg.
● Deelvragen staan in een logische volgorde. Je kunt denken aan de volgende twee manieren:

1. Eerst beschrijvende, vervolgens verklarende, daarna waarderende of probleemoplossende vragen en ten slotte de voorspellende vragen. Zorg er in ieder geval voor dat er naast beschrijvende deelvragen minstens één ander type vraag gesteld wordt.
2. Het antwoord op de eerste deelvraag is nodig om de tweede te beantwoorden, enzovoort. Elke deelvraag helpt je dus verder op weg om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden.

3 Geografische hulpmiddelen

Kaarten: belangrijke geografische informatiebronnen.

▶ Om (geografische) vragen te kunnen beantwoorden, heb je bronnen nodig, waaruit je informatie haalt. Geografische informatie kun je verkrijgen door zelf onderzoek te verrichten. Dit 'veldwerk' is echter niet altijd mogelijk. De bronnen zijn meestal teksten, kaarten, beelden en cijfers of grafieken in (vak) literatuur, (massa)media, film, (interactieve) animaties, (lucht) foto's en cartoons. Van al deze mogelijkheden vormen kaarten misschien wel de belangrijkste informatiebron.
▶ Aardrijkskunde zonder kaarten is bijna onmogelijk. Juist op kaarten worden ruimtelijke verschillen afgebeeld en daar draait het bij aardrijkskunde om. De cartograaf (kaartmaker) brengt op kaarten niet alleen de ligging, gebieds- en bevolkingskenmerken in beeld, maar ook relaties Een voorbeeld van een kaart met (ruimtelijke) relaties is GB 78A.

Kaartsoorten

▶ Bij *kaartsoorten* let je op het gebruik van de kaart. Dat gebruik kan sterk variëren. Raadpleeg hiervoor maar eens GB 14. Drie soorten kaarten komen veel voor:
● *Landkaarten.* Ze geven op schaal een algemeen beeld van het aardoppervlak met daarop wegen, rivieren, het nederzettingen-patroon, grenzen, de vegetatie, reliëf, enzovoort. Als de schaal van een landkaart 1:10.000, 1:25.000 of 1:50.000 is, spreek je over *topografische kaarten* (Voorbeeld: GB 21A,C). Vanaf 1:100.000 zijn het *overzichtskaarten* (Voorbeeld: GB 40-41). De topografische kaarten beelden een klein gebied af met veel details. De overzichtskaarten hebben minder details en betreffen een groter gebied.
● *Navigatie-* of *oriëntatiekaarten* worden gebruikt voor het uitzetten of volgen van een bepaalde route. Denk aan *stadsplattegronden* (GB 26A), *wegenkaarten*, *zeekaarten* en *luchtvaartkaarten*.
● *Thematische kaarten* gebruik je als de spreiding van een verschijnsel of thema centraal staat. Dat kan een gebiedskenmerk zijn, zoals grondsoort, klimaat of nederzettingen, of een bevolkingskenmerk (bijvoorbeeld inkomen, werkgelegenheid, godsdienst) of relaties (bijvoorbeeld handel, forensisme, enzovoort). Op sommige thematische kaarten worden bij elkaar passende kenmerken gecombineerd afgebeeld. Zie bijvoorbeeld GB 55A.

▶ Cartografen benadrukken op de kaarten altijd bepaalde kenmerken van gebieden. Behalve de *titel*, *kaartsymbolen* en de *schaal* gebruiken zij nog andere manieren om de aandacht op bepaalde verschijnselen te richten. Dat is van belang bij het selecteren van een kaart in de atlas. Je moet dan die kaart kiezen die het best past bij de gestelde vraag. Waar moet je dan, behalve op symbolen, titel of de schaal van de kaart nog meer op letten?
● De *projectie*. Het bolvormig aardoppervlak kan op verschillen-de manieren op een plat vlak, een kaart dus, afgebeeld worden (GB 12). Er zijn projecties die de vorm van gebieden/landen goed weergeven, maar geen goed beeld geven van de grootte van het oppervlak. Soms is een kaart zo getekend, dat alleen de richtingen goed weergegeven worden. Vooral bij het afbeelden van grote gebieden, werelddelen of de hele wereld, is het goed om te kijken welke projectie toegepast is. Dat kun je goed zien aan de richting van meridianen en parallellen.
● Cartografen geven soms verschijnselen op een overdreven manier weer, bijvoorbeeld de breedte van rivieren. Ook het omgekeerde komt voor: minder belangrijke zaken worden gewoon weggelaten of minder benadrukt.

Kaarttypen

▶ *Kaarttypen* onderscheiden zich van elkaar door de vorm-geving (GB 13). Verwar *kaarttypen* (onderscheid in vormgeving) niet met *kaartsoorten* (onderscheid in gebruik).
● Op *chorochromatische* kaarten (ook wel *mozaïekkaarten*) is per deelgebied een eigenschap (ook wel een 'kwaliteit') weergegeven. Een voorbeeld: volgens GB 13A heeft stadsdeel Zuidoost in Amsterdam een eigen bestuur en is opgedeeld in zeven buurten. Dat is een politieke eigenschap. Een ander voorbeeld is een kaart waarop van deelgebieden de overheersende godsdienst is afgebeeld.
● *Choropletenkaarten* hebben betrekking op een kwantitatief kenmerk of verschijnsel. Denk aan een hoeveelheid of de intensiteit van een verschijnsel. GB 13C is een voorbeeld: de bevolkingsdichtheid. Elk deelgebied heeft een andere kleur.
● *Isolijnenkaarten* zijn een ander kaarttype om cijfermatige gegevens ('kwantiteiten') weer te geven. Isolijnen (iso = gelijk) verbinden punten die eenzelfde waarde hebben. Hoogtelijnen zijn het beste voorbeeld ervan: elk punt op zo'n lijn heeft dezelfde hoogte (bijvoorbeeld 250 m boven de zeespiegel). Ruimtes tussen 'isolijnen' kunnen verschillende kleuren krijgen.
■ De arcering of kleuren worden zowel op choropletenkaarten als op isolijnenkaarten intensiever of feller naarmate de waarde hoger is (GB 13D).

- Op *anamorfosekaarten* worden gebieden op een wat vreemde manier getekend. Het oppervlak van een land, een provincie of deel van de wereld wordt niet in verhouding getekend tot het werkelijke oppervlak in (bijvoorbeeld) km². De grootte is getekend in verhouding tot de omvang van een verschijnsel. Om bijvoorbeeld goed tot uiting te brengen dat het inkomen per inwoner in de (semi)perifere landen erg laag ligt ten opzichte van de kernlanden, teken je op een anamorfosekaart landen groter naarmate het inkomen er hoger is. Het oppervlak van Nederland zou dan op zo'n kaart ruim vier keer zo groot worden afgebeeld als dat van Mexico. Het inkomen van dat laatste land is immers bijna vier keer zo klein. Op GB 216 staan enkele voorbeelden van dit kaarttype.
- Op *diagramkaarten* staan cirkeldiagrammen, staafdiagrammen of blokdiagrammen (GB 13G).
- *Stippenkaarten* gebruiken puntsymbolen om de spreiding van een verschijnsel in beeld te brengen. Elk symbool stelt dan een bepaalde waarde voor, bijvoorbeeld 1.000 personen (GB 13B).
- *Stroomdiagrammen* gaan over verplaatsing van goederen, mensen of informatie tussen punten op het aardoppervlak. Stroomdiagrammen zijn heel geschikt voor het verhelderen van relaties tussen gebieden of plaatsen. Voorbeelden: vluchtelingenstromen in Oost-Afrika of migratie (GB 165E).

Remote sensing

▶ *Remote-sensingbeelden* lijken op kaarten (GB 16-19). Scanners in satellieten en vliegtuigen tasten de aarde voortdurend in kleine stukjes af ('remote' = 'vanaf een afstand' en 'sensing' = 'aftasten'). Ze meten allerlei soorten straling op (zoals licht of warmte). Met een computer kun je van deze gemeten straling een op een kaart lijkende figuur maken. Voor iedere hoeveelheid straling kiest men een bepaalde kleur. De kleuren kunnen overeenkomen met de echte kleuren; dan spreek je over *'true colour'*. Is dat niet het geval dan zijn de remote-sensingbeelden weergegeven in *'false colour'*.

▶ Remote sensing heeft enkele belangrijke voordelen:

- Een groot voordeel van remote sensing is dat het onzichtbare zichtbaar gemaakt kan worden. Het gat in de ozonlaag is niet te zien met het menselijk oog, maar het kan wel gescand en (het rode, blauwe, groene en het infrarode licht) ingekleurd worden.
- Een tweede pluspunt is dat gelijktijdig over grote gebieden dezelfde gegevens kunnen worden verzameld. Als je deze totaaloverzichten een aantal jaren maakt, kun je de ontwikkelingen in de tijd volgen. Voorbeelden hiervan zijn de verdroging van het Aralmeer vanaf de tweede helft van de vorige eeuw en de ontbossing in het Amazonegebied.

Kaartvaardigheden

▶ Bij het gebruiken van kaarten komen een aantal vaardigheden kijken. Die oefen je bij de vele opdrachten uit het werkboek. Een overzicht daarvan:

- *Kaartlezen* is een zaak van goed naar de kaart kijken met behulp van de legenda die bij de kaart hoort. Deze vaardigheid komt vooral van pas bij het beantwoorden van beschrijvende vragen. Bijvoorbeeld: waar liggen overal nederzettingen?
- *Kaartanalyse.* Analyse gaat verder dan kaartlezen. Daarbij gaat het vooral om de afzonderlijke elementen in een gebied. In het voorbeeld van de nederzettingen zou je op de volgende twee manieren een analyse kunnen maken:
  - Zijn het nederzettingen die op een bepaalde hoogte liggen? Om erachter te komen of dat zo is, moeten de nederzettingen geordend worden. Je maakt bijvoorbeeld een groep van alle nederzettingen die boven en alle nederzettingen die onder 1.500 m hoogte liggen. Dit heet classificeren. Bij deze analyse ga je eigenlijk op zoek naar regelmatigheden of spreidingspatronen.
  - Is er een verband tussen het klimaat en het bodemgebruik? Met een of meerdere kaarten probeer je op zoek te gaan naar verbanden tussen deze verschijnselen.
- *Kaartinterpretatie* is misschien wel de moeilijkste vaardigheid. Een voorbeeld. Stel dat je ontdekt dat er een verband is tussen commerciële akkerbouw en het voorkomen daarvan in de gematigde luchtstreek. Je probeert dan vanuit je kennis over landbouw en klimaten verklaringen te bedenken.

4 Aardrijkskundige werkwijzen

▶ Je weet nu waar het in de aardrijkskunde om gaat (zie: 1. Geografisch beeld) en welk gereedschap je gebruikt (zie: 3. Geografische hulpmiddelen) om de geografische informatie te verkrijgen, waarmee je aardrijkskundige vragen (zie: 2. Aardrijkskundige vragen) moet gaan beantwoorden. Maar hoe moet je nu aan de slag met dat gereedschap? Ofwel: welke geografische werkwijzen zijn er, om met het gereedschap een goed geografisch beeld op te bouwen? De zes werkwijzen hierna kun je zowel gebruiken bij het bedenken als het beantwoorden van geografische vragen. Die werkwijzen worden kort toegelicht. Het verwerven van een geografisch beeld van het toerisme in Spanje wordt weer als voorbeeld gebruikt in het kader (op de volgende bladzijde).

A Vergelijken van verschijnselen

▶ Een verschijnsel kun je op twee manieren onderzoeken.

Aardrijkskundige werkwijzen	Voorbeeld: toerisme in Spanje
A Vergelijken van verschijnselen	
Twee gebieden als uitgangspunt	Vergelijken van Costa Brava en Costa del Sol op het gebied van toerisme. Bijvoorbeeld: welke verschillen zijn er tussen de beide costa's als je let op de vormen van toerisme (bijvoorbeeld massatoerisme of elitair toerisme, strandtoerisme of toerisme gericht op cultuur), de herkomst en samenstelling van de toeristenstromen, het soort verblijf, enzovoort?
Het verschijnsel zelf centraal stellen	Welke vormen van toerisme ken je en hoe zijn deze vormen over het Spaanse grondgebied verspreid? Hoe heeft het toerisme zich in Spanje ontwikkeld en was die ontwikkeling overal hetzelfde? Heeft het toerisme een seizoensmatig karakter en geldt dat voor alle toeristische bestemmingen in Spanje?
B Relaties leggen tussen verschijnselen of gebieden	
Interne factoren	Het toerisme hangt binnen Spanje samen met factoren als klimaat, landschap, prijsniveau, toeristische faciliteiten, maar ook met processen als ontbossing, verdroging, verstedelijking of vervuiling.
Externe factoren	Toerisme hangt ook samen met factoren buiten Spanje. Denk aan concurrentie van nieuwe, met de Spaanse costa's vergelijkbare vakantiebestemmingen, zoals de Turkse rivièra. Het kan ook worden toegeschreven aan verschijnselen elders, zoals toenemende werkloosheid in het noordwesten van Europa, het dichtslibben van Franse autosnelwegen, toegenomen vrije tijd, enzovoort.
C Verschijnselen of gebieden bekijken vanuit verschillende dimensies	
	Een vraag over voor- en nadelen van toerisme in Spanje is gemakkelijker te beantwoorden als je aan de volgende dimensies denkt:
Economische dimensie	Het toerisme is een belangrijke inkomstenbron, levert werkgelegenheid op en versterkt de betalingsbalans.
Fysische dimensie	Toeristen worden vaak aangetrokken door de natuurlijke omgeving, maar omgekeerd beïnvloedt het toerisme ook het milieu, waarbij verdroging, vervuiling of vormen van landdegradatie ontstaan.
Sociaal-culturele dimensie	Het toerisme heeft invloed op de samenleving en de cultuur van Spanje en het land biedt de toeristen cultureel erfgoed.
Politieke dimensie	De manier waarop de lokale, regionale of landelijke politiek bij het toerisme betrokken is.
D Verschijnselen en gebieden plaatsen in hun geografische context	
Stad en streek	Torremolinos is deel van het ruimere gebied van de Costa del Sol. Als je een idee hebt tot welk groter geheel Torremolinos behoort, kun je ook beter inschatten welke andere gebieden de belangrijkste directe concurrenten van Torremolinos zijn.
Streek en land	In een grotere context: de Costa del Sol is een deel van Spanje. Binnen dat land neemt het gebied een voorname positie in op toeristisch gebied als je let op het aantal overnachtingen. Ook Torremolinos heeft baat bij de positie van de Costa del Sol binnen Spanje.
E Veranderen van ruimtelijk schaalniveau	
Door inzoomen worden (binnen een groter gebied) details zichtbaar. Bij uitzoomen raken de details op de achtergrond.	Op continentale (Europese) schaal gaan toeristen naar landen aan de Middellandse Zee vanwege de grote kans op goed weer. Inzoomend op een deel van Spanje blijkt, dat dit ook opgaat voor Torremolinos. De accommodatie in Torremolinos is uitstekend voor het massatoerisme met de vele goedkope hotels. Maar in Barcelona spelen ook andere factoren mee: veel musea, prachtige parken en historische gebouwen.
F Redeneren vanuit het algemene en het bijzondere	
	Stel bijvoorbeeld de vraag: welke algemene en welke bijzondere factoren hebben bijgedragen aan de opkomst van Marbella en Lloret de Mar als badplaatsen aan de Spaanse Middellandse Zeekust?
Algemene factoren	In het algemeen gaat het bij de toeristenplaatsen aan de costa's om zonnige bestemmingen voor toeristen uit Noordwest-Europa, met droge en warme zomers, mooie stranden, lage prijzen en een groot aanbod van toeristische voorzieningen.
Bijzondere factoren	Maar zijn er ook bijzondere factoren? Als je dat voor Marbella onderzoekt, blijkt dat een toevallige, corrupte burgemeester ooit voor een enorme groei van dit toeristenoord heeft gezorgd. Marbella is een badplaats voor de elite geworden. Bijzondere factoren voor de groei van Lloret de Mar waren de goede bereikbaarheid en de lange toeristische traditie.

- Je vergelijkt een verschijnsel (bijvoorbeeld toerisme) in het ene gebied met hetzelfde verschijnsel in het andere gebied.
- Bij de tweede manier stel je het verschijnsel zelf centraal. (Je stelt niet de gebieden op de voorgrond maar het toerisme zelf.)

B Relaties leggen tussen verschijnselen of gebieden

▶ Bij deze werkwijze zoek je naar samenhang, ofwel (interne en externe) relaties.

C Verschijnselen of gebieden bekijken vanuit verschillende dimensies

▶ Aan verschijnselen kun je een aantal aspecten onderscheiden:
- De *economische dimensie*.

Het gaat om het creëren van inkomen, werkgelegenheid of de bijdrage aan de betalingsbalans.
- De *fysische dimensie*.

Deze dimensie heeft betrekking op de natuurlijke omgeving.
- De *sociaal-culturele dimensie*.
- De *politieke dimensie*.

Het gaat hier om de politieke invloed van overheden en belangengroepen.

D Verschijnselen en gebieden plaatsen in hun geografische context

▶ Gebieden en verschijnselen maken deel uit van een groter geheel.

E Veranderen van ruimtelijk schaalniveau

▶ Regio's zijn er in allerlei maten. Daardoor werken geografen niet altijd op hetzelfde *ruimtelijke schaalniveau*. Veelgebruikte ruimtelijke schaalniveaus zijn:
- *mondiaal* niveau: de wereld,
- *continentaal* niveau: werelddeel,
- *nationaal* niveau: landelijk,
- *regionaal* niveau: provincie, streek of landsdeel,
- *lokaal* niveau: plaatselijk,
- *fluviaal* niveau: stroomgebied van een rivier.

Geografische kennis wordt beter wanneer je enkele keren van ruimtelijke schaal verandert door in of uit te zoomen. Je krijgt daardoor een heel andere kijk op een verschijnsel of een gebied.

F Redeneren vanuit het bijzondere en het algemene

▶ In veel gebieden spelen behalve algemene ook bijzondere factoren een rol. Geografen proberen via deze werkwijze zicht daarop te krijgen. In onderstaand kader is dat uitgewerkt voor het toerisme.

5 Stappenplan geografisch onderzoek

▶ Bij een compleet geografisch onderzoek komt heel wat kijken. Daarom is het van belang om zo'n onderzoek op een goede, dat wil zeggen systematische manier te laten verlopen. Het schema hieronder biedt daarbij de helpende hand. Voor uitleg en tips bij het uitvoeren van deze stappen kun je terecht op *www.degeo-online.nl*.

Onderzoeksstappen	Uitwerking
Fase I Voorbereiden	
1 Vragen stellen	1a Probleemoriëntatie
	1b Hoofd- en deelvragen formuleren of
	1c Werken met hypothesen
2 Plannen	2a Activiteitenoverzicht maken
	2b Tijdsplanning maken
	2c Taakverdeling maken
Fase II Uitvoeren	
3 Informatie verzamelen	3a Informatiebehoefte inventariseren
	3b Bronnen selecteren
	3c Bruikbaarheid bronnen bepalen
4 Informatie verwerken	4a Informatie ordenen
	4b Informatie analyseren
Fase III Afsluiten	
5 Vragen beantwoorden	5a Deelvragen beantwoorden
	5b Hoofdvraag beantwoorden
	5c Standpunt bepalen
6 Presenteren	6a Doel en doelgroep vaststellen
	6b Inhoud bepalen
	6c Medium bepalen
	6d Planning maken
	6e Presentatie uitvoeren
Fase IV Evalueren	
7 Leren leren	7a Hoe verliep de voorbereiding?
	7b Hoe verliep de uitvoering?
	7c Hoe verliep de afsluiting?

Register van begrippen

Paginanummer in zwart → pagina waarop begrip voor het eerst in de tekst wordt genoemd
Paginanummer in blauw → pagina van de begrippenlijst

Bronvermelding

Omslagfoto:Thomas Knauer/Lineair, Arnhem

Hoofdstuk 1
1.1 Physische Geographie, J. Bauer e.a., Schroedel, 2008
1.3 www.klimaatwebsite.be
1.4 Higher Geography, K. Maclean e.a., Hodder Gibson, 2005
1.5 Physische Geographie J. Bauer e.a., Schroedel, 2008
1.6 Higher Geography, K. Maclean e.a., Hodder Gibson, 2005
1.8 Physische Geographie, J. Bauer e.a., Schroedel, 2008
1.9, 1.10, 1.12 Higher Geography, K. Maclean e.a., Hodder Gibson, 2005
W8 Higher Geography, K. Maclean e.a., Hodder Gibson, 2005
1.14 Dynamic Earth, Bj. Skinner e.a., John Wiley & sons, 2004
1.15, 1.16, 1.17, 1.18 Geography, an integrated approach, D. Waugh, Nelson, 2001
W13 Examen aardrijkskunde vwo, 2007
W14 Examen aardrijkskunde vwo, 2007
W15 Physische Geographie, J. Bauer e.a., Schroedel, 2008
W16 NRC, 1 december 2005
W17 NRC, 30 maart 2010
1.19, 1.20, 1.22, 1.23 Earth's Climate, Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002
W19 NRC, 4 januari 2006
Bron 4 Examen vwo I, 2004
Bron 5 en **6** Earth's Climate, Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002

Hoofdstuk 2
2.2 Physical Geography of the global environment, (H.J. de Blij), Wiley & sons
2.3 http://pubs.usgs.gov
2.4 Physical Geography of the global environment, (H.J. de Blij), Wiley & sons
2.7 Klimaat in beweging, Harry Otten, Tirion Natuur, 2005
2.9 Physical Geography of the global environment, (H.J. de Blij), Wiley & sons
2.10 Earth's Climate Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002
2.11 www.co2crc.com
2.12 De aarde in rood, groen en wit, S.B. Kroonenberg. Lezing TU Delft, 2002
2.13 NRC, 06-03-2010
W10, W11 Earth's Climate, Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002
W13 images.google.nl
W14, W15 Earth's Climate, Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002
2.21 Geografie, jaargang 14, 2005, nummer 6
2.22 www.mynkamer.eu
2.25 H.A.J. Meijer, Centrum voor Isotopenonderzoek, Rijksuniversiteit Groningen (Studium Generale Maastricht, 2005)
W17 Earth's Climate, Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002
W18 H.A.J. Meijer, Centrum voor Isotopenonderzoek, Rijksuniversiteit Groningen (Studium Generale Maastricht, 2005)
W19-W28 Earth's Climate, Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002
Bron 4 Earth's Climate, Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002
Bron 5 Examen vwo 2009, tweede tijdvak

Hoofdstuk 3
W1 www.cartoonstock.com
3.3 www.knmi.nl
3.5 http://noorderlicht.vpro.nl/dossiers
3.6 Earth's Climate Past and Future, W.F. Ruddiman, W.H. Freeman, 2002
3.8, 3.9 www.iea.org
W3 J. Oerlemans, Extracting a climate signal from 169 glacier records, in: Science 308, 2005
W5 www.knmi.nl
W6 www.shrimpnews.com
W9 www.grida.no
W11 www.iea.org
3.11 Modern glacier retreat on Kilimanjaro as evidence of climate change: observations and facts, in: International Journal of Climatology 24: 329-339, Wiley Interscience, 2004
3.15 www.grida.no
3.20 www.kennislink.nl
3.21 NRC Next, 20-04-2010
W17 nl.wikipedia.org
W18 examen havo 2009, eerste tijdvak, Archiv Gunter Seggebaing
W19 www.grida.no
Bron 1 www.libertarian.nl
Bron 3 www.iea.org

Hoofdstuk 4
4.1 www.exxonmobil.nl
4.3 www.climatequest.org
W1 www.nrc.nl
W2 www.duurzaam-ondernemen.nl
W3 www.duurzamelogistiek.nl
4.5 www.energiebureaulimburg.nl
4.8 www.greenpeace.org
4.10 www.elektrischeautoadviezen.nl
4.11 groen.blog.nl
W4 www.volkskrant.nl
4.12 nl.wikipedia.org
4.13 www.eea.europa.eu
4.15 www.volkskrant.nl
W5 de Volkskrant, 29 april 2006
W7 NRC next, 14 april 2010 (door Paul Luttikhuis)
W8 NRC next, 14 april 2010 (www.roadmap2050.eu)
W12 - W14 de Volkskrant, 18 februari 2006
Bron 3 de Volkskrant, 29 april 2006

Proefexamen
Bron 2 maps.grida.no
Bron 3 www.ipcc.com
Bron 6 en 7 www.volkskrant.nl
Bron 8 www.ipcc.ch

Foto's
Thomas Knauer/Lineair, Arnhem: omslagfoto
AP/Reporters, Haarlem: p. 8
Nasa, Washington: p. 11
Xinhua/Lineair, Arnhem: p. 18
Jean-Jacques Alcalay/Lineair, Arnhem: p. 21
Rob Sunderland/Yorkshire, UK: p. 25
Nasa, Washington: p.26
Alamy/Image Select, Wassenaar: p. 35, 128 (boven), 135
Nasa-Washington: p. 37
20th Century Fox, Los Angeles: p. 38
Gary Braasch, Portland, USA: p. 48
B. Bozeman, Yellowstone, USA: p. 51
PDPhoto, Los Angeles, USA: p. 54
iStock, Canada: p. 56
iStock, Canada, p. 62
Photolibrary, Londen: p. 68
BSB/Lineair, Arnhem: p. 71
NICK COBBING/Lineair, Arnhem: p. 74 (boven)
S. Kars/E. Ufkes, Aardwetenschappen VU, Amsterdam: p. 74 (fig. 2.21)
Manfred Kage/Lineair: p. 76 (fig. 2.24)
USGS, Reston, Vir., USA: p. 76 (fig. 2.26)
Jiri Buller/Hollandse Hoogte: p. 88
Ulrich Doering/Lineair, Arnhem: p. 91 (boven)
TPG/Lineair, Arnhem: p. 91 (fig.3.1)
Peter Essick/HH, Amsterdam: p. 92
Micheal Friedel/HH, Amsterdam: p. 93
Jens Buttnes/Lineair, Arnhem: p. 95
Webandpicture/Lineair, Arnhem: p. 96
UNEP/Lineair, Arnhem: p. 101
Michel Wijnberg/HH, Amsterdam: p. 103
David Woodfall/Lineair, Arnhem: p. 104
Shafiq Alam/Lineair, Arnhem: p. 105
Hela/Nationale Beeldbank, Amsterdam, p. 108
Reuters/WFA-Den Haag: p. 121
Christian Handl/Lineair, Arnhem: p. 123
Fred Bruemmer/Lineair, Arnhem : p. 128, (rechts)
McPhoto/Lineair, Arnhem: p. 129
Ricardo Funari/Lineair-Lineair: p.130
allOverTPH/Lineair, Arnhem: p.131
Jan Richter/Lineair, Arnhem: p. 137

Methodeoverzicht

	Studie- en werkboek havo
978 9006 435801	Arm en Rijk studieboek
978 9006 435818	Arm en Rijk werkboek
978 9006 435887	(Over)leven in Europa studieboek
978 9006 435894	(Over)leven in Europa werkboek
978 9006 436129	Wonen in Nederland studieboek
978 9006 436136	Wonen in Nederland werkboek
978 9006 436044	Indonesië Actueel studieboek
978 9006 436051	Indonesië Actueel werkboek
978 9006 435962	Systeem Aarde studieboek
978 9006 435979	Systeem Aarde werkboek
	Leer/opdrachtenboek havo
978 9006 435825	Arm en Rijk leeropdrachtenboek
978 9006 435900	(Over)leven in Europa leeropdrachtenboek
978 9006 436143	Wonen in Nederland leeropdrachtenboek
978 9006 436068	Indonesië Actueel leeropdrachtenboek
978 9006 435986	Systeem Aarde leeropdrachtenboek
	Studie- en werkboek vwo
978 9006 436280	Arm en Rijk studieboek
978 9006 436297	Arm en Rijk werkboek
978 9006 436440	Klimaatvraagstukken studieboek
978 9006 436457	Klimaatvraagstukken werkboek
978 9006 436686	Wonen in Nederland studieboek
978 9006 436693	Wonen in Nederland werkboek
978 9006 436204	Globalisering studieboek
978 9006 436211	Globalisering werkboek
978 9006 436365	Systeem Aarde studieboek
978 9006 436372	Systeem Aarde werkboek
978 9006 436525	Zuidoost-Azië in beeld studieboek
978 9006 436532	Zuidoost-Azië in beeld werkboek
978 9006 436600	Zuidoost-Azië actueel studieboek
978 9006 436617	Zuidoost-Azië actueel werkboek
	Leer/opdrachtenboek vwo
978 9006 436303	Arm en Rijk leeropdrachtenboek
978 9006 436464	Klimaatvraagstukken leeropdrachtenboek
978 9006 436709	Wonen in Nederland leeropdrachtenboek
978 9006 436228	Globalisering leeropdrachtenboek
978 9006 436389	Systeem Aarde leeropdrachtenboek
978 9006 436549	Zuidoost-Azië in beeld leeropdrachtenboek
978 9006 436624	Zuidoost-Azië actueel leeropdrachtenboek

www.degeo-online.nl

SE Leerstof voor Schoolexamen vwo

Wereld Arm en rijk

Aarde Klimaatvraagstukken

Gebieden Zuidoost-Azië actueel

CE Leerstof voor Centraal examen vwo

Wereld Globalisering

Aarde Systeem aarde

Gebieden Zuidoost-Azië in beeld

Leefomgeving Wonen in Nederland

9 789006 436464